

Alfredo Mazzei Neto

**METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DA TRF
DIRECIONADA PARA AS EMPRESAS DA INDÚSTRIA DE
SERRAGEM DE BLOCOS DE MÁRMORE E GRANITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina com o requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.


Florianópolis
2002

Alfredo Mazzei Neto

METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DA TRF DIRECIONADA PARA AS EMPRESAS DA INDÚSTRIA DE SERRAGEM DE BLOCOS DE MÁRMORE E GRANITO

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 09 de Dezembro de 2002.




Prof. Edison Paladini Dr.
Coordenador do PPGE

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dalvío Ferrari Tubino Dr.
Orientador



Prof. Ana Regina de Aguiar Dutra Dra.

Prof. Paulo José de Freitas Filho Dr.

À minha esposa, Maristella pelo seu companherismo constante.
À meu filho Eric pela compreensão com meu trabalho.
À minha mãe Lilian pela minha educação e apoio constante.
Aos meus colegas do mestrado pelo apoio e colaboração.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Catarina

À Coordenação do PPGEF

Ao orientador Dalvio Ferrari Tubino, pelo competente acompanhamento e dedicação.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para realização desta pesquisa.

“ A taxa operável na Toyota, significa a disponibilidade da máquina e as condições operáveis quando a operação é desejada. O ideal de 100% depende de boa manutenção do equipamento e de trocas rápidas de ferramentas”.
Taiichi Ohno

Resumo

MAZZEI NETO, Alfredo. **Metodologia para implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Através das observações feitas no processo produtivo da cadeia produtiva de rochas ornamentais do Espírito Santo foi possível identificar o excessivo tempo gasto para a realização de *setup* em indústrias de serragem de blocos de mármore e granito. Este fato tem prejudicado a flexibilidade da produção e diminuído significativamente a produtividade das indústrias. A partir desta constatação surgiu o pressuposto de aplicabilidade dos conceitos da troca rápida de ferramenta - TRF preconizados por Shigeo Shingo nas empresas deste segmento. Partiu-se da identificação das causas e evolução da produtividade, onde a TRF foi colocada em destaque como uma filosofia chave a ser utilizada para reduzir os gargalos de *setup* existentes no processo produtivo destas indústrias. Baseado em trabalhos escritos anteriormente sobre a implantação da TRF e na experiência de especialistas neste segmento, foi então desenvolvida uma metodologia para implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito. Esta metodologia foi testada em uma pequena empresa do segmento, onde foi confirmado o pressuposto básico anteriormente descrito. O principal resultado alcançado foi a redução significativa no tempo de *setup* em virtude da aplicabilidade dos métodos da TRF preconizados por Shingo. Como conclusão do trabalho pode-se citar o aumento da produtividade devido a redução do *lead time* na empresa estudada. Uma outra conclusão importante foi a possível aplicação desta metodologia em empresas de médio e grande porte.

Palavras-chave: *Setup*, *Lead time*, TRF, Produtividade

Abstract

MAZZEI NETO, Alfredo. Metodologia para implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito. 2002.

113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Through the comments made in the productive process of the productive chain of ornamental rocks of the Espírito Santo it was possible to identify to the extreme time expense for the accomplishment of setup in industries of sawdust of marble blocks and granite. This fact has wronged the flexibility of the production and significantly diminished the productivity of the industries. To leave of this notice the estimated one of applicability of the concepts of the Single-minute Exchange of Die - SMED praised for Shigeo Shingo in the companies of this segment appeared. Based on of the identification of the causes and evolution of the productivity, where the SMED was placed in prominence as a philosophy key to be used to reduce the existing restrictions of setup in the productive process of these industries. Based in works written previously on the implantation of the SMED and in the experience of specialists in this segment, then a methodology for implantation of the SMED directed for the companies of the industry of sawdust of blocks of marble and granite was developed. This methodology was tested in a small company of the segment, where the previously described basic estimated one was confirmed. The main reached result was the significant reduction in the time of setup in virtue of the applicability of the methods of the SMED praised for Shingo. As conclusion of the work the increase of the productivity due can be cited the reduction of lead time in the studied company. One another important conclusion was the possible application of this methodology in medium and big companies.

Key-words: Setup, Lead Time, SMED, Productivity

Sumário

Lista de Figuras	p.10
Lista de Tabelas	p.11
Lista de Siglas	p.12
1 INTRODUÇÃO	p.13
1.1 Origem do trabalho	p.13
1.2 Importância do trabalho	p.14
1.3 Objetivos	p.15
1.4 Limitações do trabalho	p.16
1.5 Estrutura do trabalho	p.16
2 REVISÃO DE LITERATURA	p.18
2.1 Introdução	p.18
2.2 As causas e a evolução da produtividade	p.18
2.3 A filosofia JIT/TQC	p.27
2.3.1 Produção focalizada	p.33
2.3.2 Envolvimento total das pessoas	p.35
2.3.3 Máquinas simples e pequenas	p.38
2.3.4 Sistema de troca rápida de ferramenta	p.40
2.4 Trabalhos publicados	p.50
2.4.1 Trabalhos sobre simulação de investimentos em redução de tempos de <i>setup</i>	p.50
2.4.2 Trabalhos sobre relatos de aplicações práticas	p.53
2.5 Considerações finais	p.57
3 METODOLOGIA	p.58
3.1 Introdução	p.58
3.2 O sistema de produção na industria de serragem de mármore e granito	p.62
3.3 Conscientização da alta direção	p.68
3.4 Formação e treinamento da equipe	p.71

3.5	Escolha do tear piloto	p.72
3.6	Aplicação das técnicas de TRF de Shingo	p.74
3.7	Padronização de dispositivos e procedimentos	p.76
3.8	Disseminação para demais teares	p.77
3.9	Considerações finais	p.78
4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	p.79
4.1	Introdução	p.79
4.2	Conscientização da alta direção	p.82
4.3	Formação e treinamento da equipe	p.84
4.4	Escolha do tear piloto	p.85
4.5	Aplicação das técnicas de TRF de Shingo	p.86
4.5.1	Estudo do processo produtivo atual	p.86
4.5.2	Aplicação práticas das técnicas de TRF de Shingo	p.88
4.5.3	O projeto das soluções	p.94
4.6	Padronização de procedimentos, dispositivos e disseminação para demais teares	p.99
4.7	Considerações finais	p.102
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	p.104
5.1	Conclusões	p.104
5.2	Recomendações para trabalhos futuros	p.107
REFERÊNCIAS		p.109
GLOSSÁRIO		p.113

Listas de figuras

Figura 1:	Conceitos da administração de funções cruzadas	p.29
Figura 2:	Fluxograma para aplicação das oito técnicas TRF	p.45
Figura 3:	Fluxograma esquemático da metodologia proposta	p.60
Figura 4:	Seqüência operac. da serrag. de blocos de mármore e granito	p.63
Figura 5:	Carro porta-bloco com chapas serradas	p.64
Figura 6:	Colocação das lâminas no tear	p.68
Figura 7:	Colocação de espaçadores (tacos) entre lâminas	p.69
Figura 8:	Colocação de cunhas com ajuda de martelo	p.70
Figura 9:	Cabresto do lado onde não há tensionamento por cunha	p.95
Figura 10:	Cabresto do lado onde há tensionamento por cunha	p.96
Figura 11:	Cabresto c/ cunha convencional de uma lâmina para tear nº 1.	p.96
Figura 12:	Cabresto com orelha de fixação convencional de uma lâmina .	p.97
Figura 13:	Jogo de cabrestos duplos adaptados ao tear nº 1	p.97
Figura 14:	Vista superior dos cabrestos duplos com a cunha ao lado	p.98
Figura 15:	Cabrestos convencionais de uma lâmina para tear nº 4	p.98
Figura 16:	Cabresto de orelha duplo de TRF p/ tear nº 4	p.100
Figura 17:	Cabresto duplo c/ cunha de TRF p/ tear nº 4	p.100
Figura 18:	Orelha p/ utilização no cabresto do lado do tensor no tear nº 4	p.101

Lista de tabelas

Tabela 1: Indicadores de desempenho da indústria p.27

Tabela 2: Valores de desempenho por tear p.66

Lista de siglas

CCQ	Círculo de Controle da Qualidade
CNC	Comando Numérico Computadorizado
IMAM	Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais
JIT	Just-In-Time
OTED	One-Touch Exchange of Die
PDCA	Plan, Do, Check, Action
P& D	Pesquisa e Desenvolvimento
PPM	Peças Por Milhão
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SMED	Single-Minute Exchange of Die
SQC	Statistic Quality Control
TPM	Total Produtive Maintenance
TQC	Total Quality Control
TRF	Troca Rápida de Ferramentas

1 INTRODUÇÃO

1.1 Origem do Trabalho

O fator motivador para buscar o tema “Troca Rápida de Ferramentas” foi a observação do funcionamento de diversas empresas de serragem de mármore e granitos existentes em vários municípios do estado do Espírito Santo. O principal problema observado foi o longo tempo de *setup*, o que tem provocado uma sensível perda de produtividade nestas empresas. Foi verificada intensa utilização de mão de obra nas atividades de preparação e ajuste durante a troca de ferramentas nas máquinas de corte destas empresas de serragem de blocos de rochas ornamentais. Num processo bastante primitivo, inseguro, de grande esforço físico, de pouca precisão e de grande desperdício de tempo durante as horas “produtivas” das máquinas denominadas de tear.

Por sua vez, a abertura cada vez maior da economia brasileira para o mercado internacional e a busca crescente da exportação de produtos brasileiros, além da concorrência no setor de rochas ornamentais pelos tradicionais exportadores italianos e pela crescente concorrência do mais novo tigre asiático, a China, têm despertado as empresas do setor para a redução dos custos de fabricação e para o aumento da produtividade. O lucro de uma empresa hoje é o resultado da diferença entre o preço de mercado e os custos do processo produtivo. Portanto, a empresa deste setor que não reduzir custos estará fadada ao fracasso e ao seu fechamento.

Identificado o potencial de melhoria que as empresas do setor teriam com a redução destes longos tempos de paradas para troca de ferramentas e troca de carga de matérias primas no tear, que reduz a produtividade das mesmas aumentando seus custos produtivos, surgiu a questão de pesquisa que norteará este trabalho, qual seja:

Como aplicar os conceitos da troca rápida de ferramentas (TRF), preconizados

por Shigeo Shingo, nas empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito?

Como pressuposto básico foi definido que haveria como desenvolver uma metodologia de implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito. Esta implantação implicaria numa significativa diminuição do tempo total de produção (*lead time*). Com base neste pressuposto desenvolveu-se o presente trabalho.

1.2 Importância do Trabalho

A TRF foi, segundo Shingo, a técnica que possibilitou a viabilidade do funcionamento do sistema *JIT*. No mundo inteiro, as indústrias ditas de ponta estão buscando trabalhar neste sistema. A redução de *setups* proporcionada pela TRF possibilita também a redução no *lead time* das empresas. Por sua vez, a redução do *lead time* viabiliza a utilização do sistema *JIT/TQC*. No segmento industrial de rochas ornamentais, o tempo total de serragem de um bloco, sem levar em conta a troca de carga e a troca de lâminas de corte, que são feitas juntas, pode durar de 40 a 150 horas no corte das rochas, dependendo da dureza do material e da eficiência na serragem. As trocas de lote e ferramentas juntas podem durar 12 horas ou mais.

O Brasil possui cerca de 1.300 teares de mármore e granito e o estado do Espírito Santo possui cerca 62% destes, constituindo-se no maior parque fabril do país dentro deste segmento industrial.

Somente na fase de desdobramento (serragem de blocos de mármore e granito) o estado possui cerca de 300 empresas, sendo que a maioria destas empresas é de pequeno porte e possui em média dois teares. O tear ao serrar os blocos, com estas lâminas de corte em aço, transforma esta matéria-prima bruta de rochas ornamentais em placas ou chapas serradas para usos diversos como: pisos, rodapés, soleiras, pias, mesas, entre outras aplicações. O gargalo tecnológico de uma serraria está em sua troca de carga ou lote de produção e no seu tempo de

setup, isto é, na troca de lâminas de corte (ferramentas) do tear, hoje em torno de 4 horas ou mais.

Desta forma, a redução do *lead time* com a implantação da TRF em uma empresa da indústria de serragem de blocos de mármore e granito poderá proporcionar um aumento de produção na ordem de 10% ou mais, conforme informações obtidas de teares italianos de ponta, em metros quadrados de chapas serradas durante um mês de operação da empresa. Além deste benefício, as outras vantagens da implantação da TRF seriam o aumento da competitividade das empresas devido à redução nos prazos de entrega aos clientes, redução no custo unitário da chapa serrada, melhoria na qualidade dos produtos, redução do esforço físico dos trabalhadores, entre outros benefícios.

Para a sociedade como um todo, este aumento da produtividade poderá gerar o aumento de lucro das empresas e uma maior e melhor distribuição de renda para os trabalhadores do setor de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver uma metodologia para implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir as bases teóricas do conceito de TRF visando sua aplicação na metodologia proposta;
- Identificar e descrever os passos necessários para a montagem da

metodologia proposta;

- Aplicar a metodologia proposta em uma empresa da indústria de serragem de blocos de mármore e granito;

1.4 Limitações do Trabalho

O presente trabalho foi desenvolvido apenas na aplicação dos conceitos da TRF em empresas de pequeno porte do segmento de serragem de blocos dentro da cadeia produtiva do mármore e granito. O mesmo está focado na troca do lote e na troca de ferramentas nos teares das serrarias. Não foi elaborada uma metodologia para as empresas de médio e grande porte deste segmento.

Os demais segmentos ou elos desta cadeia produtiva também necessitam de trabalhos direcionados para a TRF. Como exemplo, os processos de retirada e colocação de ferramentas e materiais em máquinas de polimento e acabamento que são, em geral, muito lentos e intensos na utilização do esforço físico de operadores.

Outra limitação deste trabalho é seu foco nas técnicas de TRF considerando que uma redução nos tempos de *setup*, em especial nas máquinas gargalos da empresa como os teares, irão trazer resultados positivos em termos de produtividade. Contudo, o presente trabalho não se dispõem em aprofundar a questão sob o caráter financeiro com o cálculo de todos os custos envolvidos no processo produtivo e os ganhos obtidos com esta redução no *setup*.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta dissertação foi elaborada em cinco capítulos. Este presente capítulo apresentou a origem do trabalho com a questão de pesquisa que o direcionará, na seqüência descreveu a importância do trabalho, os objetivos geral e específicos, bem como as limitações do mesmo.

O capítulo 2 apresenta a revisão de literatura descrevendo cronologicamente as causas e a evolução da produtividade nas empresas desde a era Taylor até os dias atuais; a filosofia *JIT/TQC* e suas principais ferramentas como a produção focalizada, o envolvimento total das pessoas, a utilização de máquinas simples e pequenas e o sistema de troca rápida de ferramenta (TRF) desenvolvido por Shigeo Shingo; finalizando com a apresentação e análise de artigos publicados sobre *setup* e sobre relatos de aplicações práticas da TRF.

O capítulo 3 apresenta a metodologia proposta para a implantação da TRF em uma serraria de mármore e granito. Inicialmente é descrito o funcionamento do sistema de produção na indústria de serragem de mármore e granito, e, na seqüência, são detalhadas cada uma das etapas da metodologia proposta.

O capítulo 4 descreve a aplicação prática da metodologia proposta. Como introdução descreve a empresa onde foi feita a aplicação prática, e, em seguida, relata como foram desenvolvidas cada uma das etapas da metodologia e os resultados obtidos para a empresa.

Encerrando a dissertação, o capítulo 5 apresenta uma retrospectiva do que foi o trabalho, partindo da revisão de literatura, passando pela metodologia e pela aplicação realizada, mostrando as principais conclusões. Por fim, são feitas as recomendações com sugestões de temas para trabalhos futuros sobre TRF.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Introdução

Esta revisão de literatura tem por objetivo levantar as causas, e a evolução, ao longo do tempo, que levaram ao surgimento das técnicas do sistema de produção JIT/TQC e de suas ferramentas gerenciais em busca do aumento da produtividade e redução de desperdícios nos processos de produção industriais.

A partir desta revisão irá se definir as bases teóricas do conceito de TRF, visando sua aplicação na metodologia a ser proposta no capítulo 3. Portanto o enfoque será dado em torno de TRF, ou *setup* rápido, conceito muito importante para a redução do *lead time* em uma indústria de desdobramento de blocos de mármore e de granito.

Neste capítulo, ainda serão apresentados artigos e estudos de casos onde a TRF foi estudada e/ou apresentou resultados satisfatórios, e que servirão de base para a implantação de uma nova metodologia em uma indústria de serragem de blocos de rochas ornamentais de mármore e de granito.

2.2 As causas e a evolução da produtividade

O termo produtividade, ou eficiência produtiva, surge nos processos produtivos industriais a partir da revolução industrial e toma impulso com o lançamento dos princípios da administração científica por Frederick W. Taylor. Aos vinte e três anos, quando ainda era capataz, Taylor começou, pela primeira vez a aplicar os processos científicos. Inventou um novo modo de cortar aço, de corte rápido, graças ao qual as ferramentas de corte atuais podem durar três vezes mais do que as antigas. O estudo do tempo foi iniciado por Taylor em 1881. Em 1896, quando entrou na Bethlehem Steel Works, impôs-se o dever de aperfeiçoar os métodos dos diversos setores da fábrica. Em 1911 publicou o seu livro "Princípios da Administração

Científica”.

Em seu livro, Taylor (1995, p.17-18) , após estudos científicos, expôs regras técnicas e normas para o trabalho de fábrica ou oficina:

- Para cada tipo de industria, ou para cada processo, estudar e determinar a técnica mais conveniente;
- Analisar, metodicamente, o trabalho do operário, estudando e cronometrando os movimentos elementares;
- Transmitir, sistematicamente, instruções técnicas ao operário;
- Selecionar, cientificamente, os operários;
- Separar as funções de preparação e execução, definindo-as com atribuições precisas;
- Especializar os agentes nas funções de preparação e execução;
- Predeterminar tarefas individuais ao pessoal e conceder-lhe prêmios, quando realizadas;
- Unificar o tipo de ferramentas e utensílios;
- Distribuir, eqüitativamente, por todo o pessoal, as vantagens que decorressem do aumento de produção;
- Controlar a execução do trabalho;
- Classificar mnemônicamente as ferramentas, os processos e os produtos.

Um dos pontos principais do trabalho de Taylor é a separação entre as funções de preparação e as de execução.

De acordo com Taylor (1995, p.26) “a maior prosperidade decorre da maior produção possível dos homens e das máquinas do estabelecimento, isto é, quando cada homem e cada máquina oferecem o melhor rendimento possível”. Com esta posição Taylor praticamente definiu a possibilidade de aumento da produtividade tanto do uso de máquinas quanto do uso de pessoas no processo produtivo.

Em uma citação, Taylor (1995, p.33) chegou a afirmar “Ora, entre os vários métodos e instrumentos utilizados em cada operação, há sempre método mais rápido e instrumento melhor que os demais”.

Durante o período de estudos científicos de Taylor, um conhecido membro da sociedade norte americana, Frank B. Gilbreth, que havia estudado, em sua juventude, a alvenaria, interessou-se pelos princípios da administração científica aplicados ao setor de construção civil. Estudou cada fase do trabalho de um pedreiro, eliminou um, depois outros, sucessivamente, todos os movimentos lentos por outros rápidos. Realizou experiências com cada fator que, de algum modo, afeta a rapidez e fadiga do pedreiro.

Nestes estudos e experimentações Gilbreth verificou que existe sempre uma melhor maneira de se fazer as coisas, pois existem infinitas possibilidades de se fazer um determinado produto.

De acordo com Taylor (1995, p.64) uma análise dos expedientes empregados por Gilbreth, para reduzir os movimentos de seus pedreiros de 18 para 5, demonstra esse aperfeiçoamento graças a três recursos:

Primeiro – Suprimir certos movimentos que os pedreiros acreditam necessários, mas que estudos e ensaios cuidadosos demonstraram serem inúteis.

Segundo – Introduzir dispositivos simples, tal como andaime deslocável e grade

para colocar os tijolos, por meio dos quais, com pequena cooperação do operário, ele eliminou inteiramente uma posição de movimentos fadigantes e demorados que o pedreiro efetuava, se não usar andaime e grade para os tijolos.

Terceiro – Ensinou os pedreiros a fazer movimentos simples, com as duas mãos, simultaneamente, em situações em que eles realizavam um movimento com a mão direita e, mais tarde, outro com a mão esquerda.

Taylor (1995, p.67), baseado nos estudos e experiências realizadas por Gilbreth, desenvolveu os quatro elementos essenciais da sua teoria da administração científica :

Primeiro – O desenvolvimento (pela direção e não pelo operário) da ciência de assentar tijolos, com normas rígidas para o movimento de cada homem, aperfeiçoamento e padronização de todas as ferramentas e condições de trabalho.

Segundo – A seleção cuidadosa e subsequente treinamento dos pedreiros entre os trabalhadores de primeira ordem, com a eliminação de todos os homens que se recusam a adotar os novos métodos, ou são incapazes de segui-los.

Terceiro – Adaptação dos pedreiros de primeira ordem à ciência de assentar tijolos, pela constante ajuda e vigilância da direção, que pagará, a cada homem, bonificações diárias pelo trabalho de fazer depressa e de acordo com as instruções.

Quarto – Divisão eqüitativa do trabalho e responsabilidade entre o operário e a direção. No curso do dia, a direção trabalha lado a lado com os operários, afim de ajudá-los, encorajá-los e aplainar-lhes o caminho, enquanto no passado, ao contrário, a direção permanecia de lado, proporcionava-lhes pouco auxílio e sobrecarregava-os de quase toda a responsabilidade quanto aos métodos, uso dos instrumentos, velocidade e cooperação.

Nestes quatro elementos essenciais do trabalho de Taylor, pode-se dizer que ele exagerou em alguns aspectos como : aumentar a vigilância sobre os operários e

definir normas rígidas para o movimento de cada homem, conforme satirizado por Charles Chaplin em seu filme "Tempos Modernos". Porém o primeiro elemento preconiza situações até hoje adotadas nas mais evoluídas fábricas, onde impera a qualidade e a produtividade na fabricação de produtos. A padronização das ferramentas deve levar em conta a ergonomia.

O segundo elemento, por sua vez, aborda a necessidade de treinamento dos operários, como uma condição necessária para um melhor desempenho operacional. Esta abordagem também é adotada pela técnica PDCA (planejar, executar, checar e agir corretivamente) do TQC (controle total da qualidade), porém são os próprios operários que definem e adotam os novos métodos junto com a supervisão. A posição de Taylor é de imposição e não de consenso.

O terceiro elemento aborda a execução rápida e de acordo com as instruções. Este elemento é adotado em forma de "folhas de trabalho padrão", que têm uma importante aplicação no Sistema Toyota de Produção, segundo Ohno (1997, p.41).

O quarto elemento aborda a divisão eqüitativa do trabalho e responsabilidade entre o operário e a direção da empresa. No Sistema Toyota de Produção essa abordagem é mantida, porém com uma maior participação dos operários, nos projetos de melhorias operacionais, em virtude do estímulo e apoio manifestado pela direção da empresa.

A padronização dos instrumentos, preconizada por Taylor (1995, p.87), objetivando a utilização de um instrumento único é, portanto, mais um fator de redução de movimentos dos operários, aumentando assim a eficiência, isto é, a produtividade.

No aspecto do planejamento de serviços, Taylor (1995, p.90) também definiu que todas as instruções são para que eles executem todos os movimentos melhores e mais rápidos que devem ser feitos pelo trabalhador na colocação do material na máquina e na remoção dela. Este conceito tem uma relação muito próxima com o conceito da troca rápida de ferramentas preconizado por Shigeo Shingo (2000).

No aspecto da cooperação dos operários no aperfeiçoamento de métodos e utensílios, Taylor (1995, p.93) explica que todo o estímulo deve ser dado ao operário, para sugerir aperfeiçoamentos, quer em métodos, quer em ferramentas. Esta abordagem de Taylor foi aperfeiçoada por Ishikawa (1993, p.143-160) na elaboração dos CCQ (Círculos de Controle de Qualidade).

Assim, a partir de Taylor, muito dirigentes e estudiosos de empresas começaram a incessante busca pela produtividade nas fábricas. Henry Ford adotou um sistema até então inédito em sistemas de produção, a linha de produção em série, que se baseava no aumento da produção, através da produção em massa, e também na redução dos custos fixos da fábrica. Ford acreditava que reduzindo o custo de fabricação poderia vender maior quantidade de carros modelo T na cor preta.

Alfred P. Sloan Jr., da General Motors, por sua vez, inovou a concepção de produção em série, diversificando a produção para atingir as mais diferentes classes sociais, com produtos específicos para cada classe de cliente. Sloan foi também um dos grandes incentivadores do aumento de produtividade na indústria. Em uma citação Sloan (2001, p.199) abordou a redução dos tempos de produção: "Uma boa pintura de secagem rápida poderia revolucionar nossos cronogramas e o conseqüente custo de produção".

Naquela época o tempo do processo de pintura demorava de duas a quatro semanas, dependendo, entre outras coisas, da temperatura e umidade. Isto criava um terrível problema de estoques. Já em 1962, um carro podia ser pintado em oito horas. Considere a economia de espaço: uma produção de mil carros por dia costumava exigir espaço para 18 mil carros em processo, uma vez que em média eram necessárias três semanas para o trabalho de pintura, isto é, mais de 80 mil metros quadrados de área coberta.

A busca pela produtividade foi, de forma paralela, sendo perseguida em outros países e principalmente no Japão. Os Japoneses adotaram como meta, no início do século, a diminuição da diferença de produtividade existente entre as suas fábricas e as fábricas norte americanas. Neste aspecto um grande líder empresarial japonês foi

Konosuke Matsushita, fundador da Matsushita Electric Manufacturing, ele impôs alto padrão de desempenho para manter a motivação dos empregados em relação às melhorias de qualidade e produtividade na fabricação dos produtos.

Depois da Segunda Guerra Mundial, quando Toyota Kiichiro, pai da produção de carros no Japão, advogava a equiparação da produtividade com os Estados Unidos da América em três anos, isto se tornou a meta da Toyota. Porque a meta era clara, a atividade na Toyota se tornou focada e vigorosa. Para alcançar os Estados Unidos e atender aos anseios do presidente da Toyota, Ohno (1997, p.31) afirma que “pensava em fazer um operador cuidar de muitas máquinas e também de tipos diferentes de máquinas, ao invés de ter uma pessoa por máquina”. Para tanto, o primeiro passo de Ohno foi estabelecer um sistema sincronizado de fluxo na fábrica.

Nos Estados Unidos, por imposição dos sindicatos, os torneiros mecânicos só podiam operar tornos, uma operação diferente deveria ser executada por um outro profissional. Como consequência, existia um grande número de pessoas e máquinas. Para que as indústrias americanas conseguissem uma redução de custos sob tais condições, a única possibilidade era com a produção em massa (OHNO, 1997, p.31).

O sistema de produção em massa planejado é aquele no qual cada processo faz muitos componentes e os manda para o processo seguinte. Este método gera, naturalmente, uma abundância de desperdício. Do momento em que adotou esse sistema americano até a crise do petróleo de 1973, o Japão tinha a ilusão de que esse sistema se adequava às suas necessidades.

Ohno (1997, p.32) muda o paradigma da produção em massa e diz “O Sistema Toyota de Produção começou quando eu desafiei o sistema antigo”. Com a crise de produção, em 1950, devido a guerra do Japão com a Coreia, e às dificuldades de obtenção de matéria-prima, a Toyota estava longe da produção em massa, pois estava produzindo pequenas quantidades de muitos modelos de produto. Então, o principal objetivo do Sistema Toyota de Produção, a partir daí, foi de se adaptar a produzir muitos modelos em pequenas quantidades.

O grande espaço necessário para armazenagem de produtos em processo foi o motivo maior para que houvesse a necessidade de nivelar a demanda com a capacidade de produção. Foi feita a reorganização das máquinas no chão-de-fábrica para estabelecer um melhor fluxo de produção que eliminou o desperdício de estocar peças. Ohno (1997, p.34) cita que desta maneira a Toyota conseguiu aumentar a eficiência da produção em duas e três vezes, onde um operador opera muitos processos.

O Sistema Toyota de Produção então surgiu baseado na absoluta eliminação do desperdício. Sendo o passo preliminar, segundo Ohno (1997, p.39), para a aplicação do sistema, a identificação de desperdícios :

- Em superprodução;
- Em tempo disponível ou espera;
- Em transporte de materiais;
- No processamento em si;
- No estoque disponível de matérias-primas e produtos;
- Nos movimentos;
- Na produção de produtos defeituosos.

Ainda segundo Ohno (1997, p.39) “a eliminação completa desses desperdícios pode aumentar a eficiência, ou produtividade, das operações por uma ampla margem”.

O Sistema Toyota de Produção, de acordo com Ohno (1997, p.44) foi criado baseando-se em dois pilares: no sistema *Just-in-time* e na automação com um toque

humano , ou automação. O sistema *Just-in-time* (JIT) vem a ser hoje a melhor alternativa de produção, pois além da redução de custos proporcionados, ele ainda visa rapidez e flexibilidade no atendimento às necessidades dos clientes, baseado na produção de pequenos lotes.

Tubino (1999, p.26-27) descreve o surgimento da filosofia JIT/TQC:

A filosofia JIT/TQC surgiu no Japão na década de 60, sendo aplicada inicialmente na indústria automobilística, em particular na Toyota Motors Company. Aos poucos os princípios gerais dessa filosofia foram se consolidando, e seus conceitos difundidos para o ramo de autopeças e eletrônica, onde o Japão passou a ser reconhecido como padrão de excelência.

Ainda segundo Tubino (1999, p.27) “nos anos 80, com o avanço da economia japonesa, a filosofia JIT/TQC passou a receber maior atenção dos estudiosos em sistemas de produção e a filosofia foi universalizada e implantada com sucesso no mundo ocidental”.

Veja na tabela 1 os indicadores de desempenho em qualidade e produtividade obtidos pelas indústrias japonesas em comparação com a média mundial e com indústrias brasileiras, conforme pesquisa do IMAM (MOURA, 1996). Neste contexto se vê como as indústrias brasileiras estão bastante distantes dos padrões mundiais de excelência em qualidade e produtividade. Provavelmente as causas do elevado desempenho da média mundial estão ligadas à introdução da filosofia JIT/TQC nos países desenvolvidos.

A partir do ano de 1990, o governo brasileiro criou o programa brasileiro de qualidade e produtividade – PBQP para incentivar as empresas nacionais a investir em programas de implantação da qualidade total e de normas internacionais de qualidade como a ISO 9000.

Tabela 1: Indicadores de desempenho da indústria

<i>Indicadores</i>	<i>Brasil</i>	<i>Média Mundial</i>	<i>Japão</i>
Valor Agregado	88 vezes	240 vezes	335 vezes
% investimentos em P & D	1,45 %	3 a 5 %	8 a 12 %
Índice de rejeição	20.380 ppm	200 ppm	10 ppm
Retrabalho interno	3,7 %	2 %	0,001 %
Setup de fábrica	100 min.	10 min.	5 min.
Tamanho médio dos lotes	2.900 peças	20 a 50 peças	1 a 10 peças
Lead Time médio	19 dias	2 a 4 dias	2 dias
Rotatividade dos estoques	13 vezes/ano	60 a 70 vezes/ano	150 a 200 vezes/ano

Fonte: Moura (1996)

2.3 A Filosofia JIT/TQC

Em seu aspecto mais básico, segundo Slack (1996, p.474) o conceito literal do JIT é de que:

O JIT significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários. Não antes para que não se transformem em estoque, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar. Além deste elemento temporal do JIT, podemos adicionar as necessidades de qualidade e eficiência.

Segundo Bicheno (apud SLACK,1996, p. 474) “O JIT visa atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios”.

Voss (apud SLACK,1996, p.474) reafirma a redução dos desperdícios e aprofunda a explicação do JIT.

O Just in time (JIT) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia-chave do JIT é a simplificação.

Segundo Ohno (1997, p.26), criador desta filosofia, "Just-in-time é um processo de fluxo, onde as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero".

Hutchins (1993, p.20) exemplifica que a principal meta do JIT é o atingimento de "estoque zero", confinado não apenas dentro de uma só empresa, mas através de toda uma cadeia de suprimentos.

Tubino (1999, p.27) aborda a junção do JIT e do TQC da seguinte maneira :

Alguns autores costumam apresentar separadamente os conceitos de JIT (just-in-time) e TQC (controle total da qualidade). O JIT seria uma filosofia voltada para a otimização da produção, enquanto o TQC seria uma filosofia voltada para a identificação, análise e solução de problemas (considerando que qualquer problema é perda de qualidade). Porém, não parece conveniente separar as questões de forma tão imediata, pois o JIT e o TQC possuem uma interface comum muito grande, e a sua aplicação conjunta, proveniente de sua origem japonesa, parece ser a melhor alternativa.

Nesta abordagem Tubino justifica que o desenvolvimento das duas técnicas ocorreu paralelamente.

A visão de Slack (1996, p.480) não está muito clara com relação a fusão da filosofia JIT com a filosofia TQC :

A filosofia JIT é normalmente vista como um sistema “total”. Ela visa fornecer diretrizes que incluem todos os funcionários e todos os processos na organização. Uma cultura organizacional adequada tem sido vista como importante fator para apoiar esses objetivos, através da ênfase no envolvimento de todos os funcionários da organização. Esta nova cultura é algumas vezes vista como um sinônimo da “qualidade total” ou TQC.

De acordo com Ishikawa (1993, p.117) a administração com funções cruzadas, por divisões e por funções (ver figura 1) foi adotado pela Toyota Motor Company desde 1960 e tem sido usada com sucesso contínuo. Este tipo de administração faz parte das estratégias gerenciais que possibilitam a participação e o envolvimento de toda a empresa na garantia de qualidade dos produtos, e na satisfação das necessidades dos clientes. Esta estratégia é parte do TQC. Além disto, a Toyota foi a empresa que criou o sistema JIT. Portanto, tudo leva a crer que o Sistema Toyota de Produção adota a filosofia JIT/TQC.

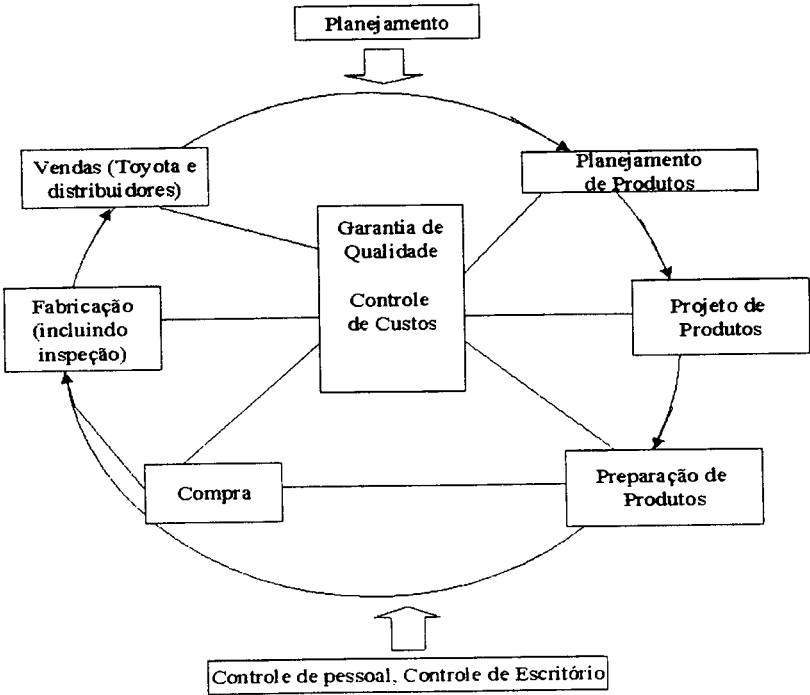


Figura 1: Conceitos da administração com funções cruzadas

Fonte: Ishikawa (1993, p.118)

De acordo com Tubino (1999, p.28) “satisfazer as necessidades dos clientes significa entender e responder aos anseios dos mesmos clientes, fornecendo produtos de qualidade no momento em que forem solicitados”. Entenda-se como clientes tanto os participantes da cadeia produtiva interna como os da cadeia externa à empresa.

Ainda segundo Tubino (1999, p.28) as metas da filosofia JIT/TQC são as seguintes :

- Zero de defeitos;
- Zero de estoques;
- Zero de Movimentações;
- Zero de *lead time*;
- Zero de tempos de *setups*;
- Lotes unitários etc.

Segundo Shingo (1996, p.344) “Os requisitos para se chegar a um sistema JIT são:

- Produção em pequenos lotes com utilização de *setups* TRF;
- Sincronização, fluxo de peças unitárias, *layouts* de máquinas voltados para o processo e produção em pequenos lotes para drasticamente reduzir os *lead time*;

- Inspeções na fonte e sistema *poka-yoke* para reduzir os defeitos e quebras de máquinas a zero.

Em relação ao TQC Shingo (1996 b, p. 344) cita que “o movimento de melhoria em toda empresa, o sucesso do controle de qualidade alcançado no Japão é atribuído em 80% às atividades de círculo envolvendo os trabalhadores do chão de fábrica e 20% ao controle estatístico da qualidade (SQC), métodos de inspeção estatística”. O controle estatístico da qualidade (SQC), por si só é incapaz de atingir os zero defeitos. Ainda segundo Shingo, o SQC com inspeção na fonte e sistemas *poka-yoke* (dispositivos à prova de erros) é que podem realmente reduzir os defeitos a zero.

De acordo com Slack (1996, p. 481-486) as técnicas do JIT são os meios para a eliminação do desperdício. Ele cita as principais técnicas gerenciais, nas quais possuem as suas ferramentas específicas :

- Práticas básicas de trabalho;
- Projeto para a manufatura;
- Foco na operação;
- Utilização de máquinas simples e pequenas;
- Arranjo físico e fluxo adequados;
- Manutenção produtiva total (TPM);
- Redução de Setup;
- Envolvimento total das pessoas;

- Visibilidade;
- Fornecimento JIT;
- Técnicas de planejamento e controle do JIT.

As técnicas gerenciais citadas acima por Slack são, portanto, as diretrizes gerais para a obtenção do mínimo de desperdício na produção. É claro que dentro de cada uma destas técnicas existem outras mais específicas que traduzem estas diretrizes em ações concretas de redução de desperdícios. Na filosofia JIT/TQC existem ainda as técnicas Kanban, TRF, lay-out celular, CCQ, Autonomia, SQC entre outras, além de ferramentas como Andon, Poka-yoke ou Baka-yoke, 5W1H, folha de trabalho padrão etc. Todas estas técnicas e ferramentas combinadas é que fazem com que a filosofia JIT/TQC obtenha o mínimo de desperdícios em :

- Superprodução;
- tempo de espera;
- tempo em transporte;
- tempo em processamento;
- estoque de materias-primas, produtos em processo e produtos acabados;
- movimentos e manuseios;
- produção de produtos defeituosos.

Enfim todos os autores citados acima abordam o sistema JIT/TQC de forma semelhante, a diferença está na forma de explicação dos conceitos e técnicas aplicadas dentro desta filosofia. A seguir iremos descrever algumas destas técnicas

gerenciais do JIT/TQC que iremos abordar em nosso estudo de caso.

2.3.1 Produção focalizada

A focalização dos sistemas produtivos em unidades de negócios passou a ser buscada pelas empresas, cujo objetivo é focalizar cada produto ou família de produtos, de maneira que o mesmo possa ser tratado como um negócio específico, com suas características produtivas e mercadológicas próprias, segundo a definição de uma estratégia competitiva adequada para cada um. Dessa forma, as empresas dividiram fisicamente seus recursos, montando fábricas focalizadas em produtos ou famílias de produtos específicos (TUBINO, 1999).

Segundo Tubino (1999, p.43) "O crescimento não se daria mais pelo aumento dos antigos departamentos e linhas de montagem, mas sim pela criação de novas unidades de negócios focalizadas".

O conceito por trás do foco nas operações é que a simplicidade, a repetição e a experiência trazem competência. De acordo com Skinner (*apud* SLACK, 1996, p.482) "O foco dentro da manufatura significa:

- Aprender a focalizar cada fábrica num conjunto limitado e gerenciável de produtos, tecnologias, volumes e mercados;
- Aprender a estruturar políticas básicas de manufatura e serviços de suporte, de tal forma que eles se focalizem numa única missão de manufatura, ao invés de muitas missões implícitas e conflitantes".

Segundo Harmon e Peterson (Harmon, 1991, p.16-17) uma fábrica focalizada possui as seguintes vantagens na busca pelos princípios da filosofia JIT/TQC :

- Domínio do processo produtivo;

- Gerência junto a produção;
- *Staff* reduzido e exclusivo;
- Estímulo à polivalência de funções;
- Uso limitado dos recursos aos produtos focalizados.

Shingo (1996a, p.171) apresenta o exemplo de uma indústria metalúrgica que, no sentido de buscar um balanceamento em um fluxo unitário de produção para as peças, substituiu as convencionais cabinas de pintura de grande porte por pequenas caixas de um metro cúbico de volume com dispositivos de pintura em *spray*, posicionadas dentro da linha imediatamente após a furação e o rosqueamento das peças. Ganhos significativos foram alcançados não só em termos de eliminação do transporte e armazenagem intermediária das peças, como, principalmente, pela eliminação da insalubridade existente dentro da antiga cabina de pintura. Este exemplo de Shingo ilustra bem como pode-se organizar o *layout* das máquinas e o fluxo de produção para se atingir a focalização da produção.

Womack (1992, p.85) após pesquisas e visitas em diversas fábricas automotivas, nos vários países produtores, conclui que "as fábricas de alta tecnologia, automatizadas e mal organizadas, acabam adicionando tantos técnicos indiretos e pessoal de manutenção extra, quanto trabalhadores diretos são removidos das tarefas manuais de montagem". Nesta passagem Womack mostra que não adianta investir em alta tecnologia para redução de custos de mão de obra, se não houver foco na operação para redução de desperdícios diversos no processo produtivo.

A conclusão que se chega das várias abordagens e exemplos citados pelos autores acima, além de outros exemplos práticos colhidos nos artigos de Pedroso; Souza; Furlan (1999) e no artigo de Komura; Custódio; Oshiro (1999) é que realmente a focalização da produção é a base para a produção *JIT/TQC*.

No presente trabalho, estudo específico de caso será realizado com a focalização da produção em uma unidade fabril de serragem de blocos de mármore e de granito. Este tipo de sistema produtivo é caracterizado como processo de fabricação repetitiva em lotes. Os produtos gerados pertencem a uma mesma família e utilizam a mesma tecnologia de grupo, pois são processados em uma mesma máquina denominada de tear.

2.3.2 Envolvimento total das pessoas

Este conceito é de fundamental importância para a introdução de qualquer mudança em uma empresa ou organização. Todas as pessoas de uma indústria, sejam elas da produção ou mesmo da administração possuem diversos tipos de paradigmas pré concebidos através dos anos, o que dificulta a introdução de modernas técnicas de produção.

Ishikawa (1993, p.21) enfatiza o envolvimento total das pessoas:

Se a garantia de qualidade precisa ser implementada bem no início do estágio de desenvolvimento de um novo produto, significa que todas as divisões de uma dada empresa e todos os seus empregados precisam participar do controle de qualidade. Quando o controle de qualidade enfatiza somente a inspeção, apenas uma divisão precisa envolver-se, isto é, a divisão de inspeção ou a divisão de controle de qualidade, e tudo o que as pessoas precisam fazer é postar-se à saída da fábrica e montar guarda de forma a evitar que produtos defeituosos sejam remetidos. Todavia, se um programa de controle de qualidade enfatiza o processo de fabricação, o envolvimento estende-se às linhas de montagem, aos subcontratantes e às divisões de compras, engenharia de produção e marketing. Em uma aplicação mais avançada do controle de qualidade, tudo o que foi mencionado anteriormente torna-se insuficiente. A participação precisa atingir toda a empresa. Isto significa que precisam participar todos os envolvidos no planejamento, no projeto e na pesquisa de novos produtos; os que fazem parte da divisão de fabricação e os que integram as divisões de contabilidade, pessoal e relações trabalhistas, sem exceção.

O controle de qualidade direcionou-se para a participação total, envolvendo todas as divisões e todos os empregados.

Ohno (1997, p.43) destaca o trabalho em equipe

A manufatura também é feita do trabalho em equipe. Pode ser preciso 10 ou 15 operários, por exemplo, para levar um trabalho de matérias-primas a produto final. A idéia é o trabalho em equipe, não quantas peças foram usinadas ou perfuradas por um operário, mas quantos produtos foram completados pela linha como um todo. O trabalho em equipe combinado com outros fatores pode permitir que um time menor vença. O mesmo é verdadeiro num ambiente de trabalho.

Womack (1992, p.89) cita o modo de envolvimento das pessoas no sistema de produção enxuta (*JIT/TQC*),

Cada vez que acontece algo errado em qualquer local da fábrica, todo empregado que possa ajudar corre para dar uma mão. No final das contas, a equipe dinâmica de trabalho é que emerge como o coração da fábrica enxuta. Montar essas equipes eficientes não é simples. Primeiro é preciso dotar os trabalhadores de variadas qualificações: de fato, em todos os serviços de sua equipe de trabalho, permitindo a rotatividade das tarefas e substituições dos trabalhadores uns pelos outros. A seguir, é preciso que adquiram qualificações adicionais: reparos simples de máquinas, controle de qualidade, limpeza e solicitações de materiais. É preciso, ainda, que sejam encorajados a pensarem ativamente, de fato, proativamente, de modo a encontrarem soluções antes que os problemas se tornem graves.

Nesta passagem Womack apresenta a observação do funcionamento de uma fábrica enxuta, onde o elemento humano é parte imprescindível na operação. A multifuncionalidade e a qualificação dos funcionários são fatores principais para o bom funcionamento da mesma. A manutenção produtiva total – MPT é uma realidade nestas fábricas, onde os funcionários da produção executam pequenos reparos e limpeza em máquinas, além disto fazem também o controle da qualidade dos materiais utilizados em processo.

De acordo com Womack (1992, p.89), para se obter o compromisso dos trabalhadores, numa fábrica enxuta, é preciso haver algum

Senso de compromisso mútuo, um senso de que a gerência realmente valoriza os trabalhadores qualificados, fará sacrifícios para mantê-los e está propensa a delegar responsabilidade à equipe. Simplesmente mexer no organograma da empresa, para mostrar “equipes”, e introduzir círculos de qualidade, para encontrar meios de melhorar os processos de produção, dificilmente fará grande diferença.

Womack explica porque existe o senso de compromisso neste tipo de fábrica. Ele chama o sistema *JIT/TQC* de produção enxuta, muito provavelmente por causa da busca pela eliminação dos desperdícios verificado neste sistema.

Segundo Shingo (1996b, p. 270-271) existe muita verdade no ditado: “Qualidade deve ser incorporada ao processo”. Ele afirma que o envolvimento das pessoas incorpora qualidade ao processo.

Minha interpretação é que a qualidade é determinada pelos trabalhadores que estão realmente produzindo os produtos e pelos gerentes da linha de frente. As limitações das atividades ocorrendo somente na área da produção, finalmente, tornaram-se evidentes. Isso levou ao chamado de controle total da qualidade (TQC), que se caracteriza por atividades de controle de qualidade e são promovidas sob a liderança da alta gerência, gerentes de departamentos, gerentes de seção e gerentes de grupo, ou seja, com o envolvimento de toda a hierarquia da administração. As campanhas de CCQ são promovidas não somente como um esforço dos departamentos de produção, mas como um esforço integrado de todas as cinco divisões da administração empresarial, isto é, engenharia, finanças, produção, vendas e pessoal. O conceito tradicional de qualidade do produto é ampliado para incluir qualidade do trabalho. O termo qualidade passa a ser interpretado de forma a abranger todas as atividades da empresa.

Shingo se contradiz em um ponto de suas afirmações. Ele diz que a qualidade é determinada pelos trabalhadores que estão realmente produzindo os produtos e

pelos gerentes da linha de frente, mas logo em seguida ele afirma que houve limitações das atividades, ocorrendo somente na área de produção. Nesse ponto ele reconhece que o controle de qualidade deveria ser estendido a toda a empresa, o que foi feito com a introdução do *TQC*.

2.3.3 Máquinas simples e pequenas

Muitas pessoas que não conhecem as indústrias japonesas e, particularmente, o Sistema Toyota de Produção, acham que as máquinas destas indústrias são altamente sofisticadas, automatizadas e com alta capacidade de produção. Na verdade é apenas um paradigma criado por jornalistas ocidentais, quando ocorreu o evidente aumento da economia japonesa no início dos anos 80.

Shingo (1996b, 327-328) exemplifica o porquê da utilização de máquinas simples em confronto com a utilização de máquinas de alta tecnologia.

A Toyota orgulha-se de não existir uma só máquina entre as milhares que possui que não tenha sido modificada de uma forma ou de outra. Isso está baseado na convicção de que ninguém no mundo entende mais de fabricação de automóveis do que a Toyota. A Toyota é, compreensivelmente, bastante relutante em comprar robôs controlados por computadores fabricados por terceiros e extremamente caros. Se o custo de produção da máquina é caro, esta não é usada, não importa quão cara possa ter sido sua aquisição; será usada uma máquina mais velha que produza com menor custo. É melhor usar a máquina que produza com o custo mais baixo independentemente do preço de compra.

Nesta exposição de motivos, Shingo exemplifica como a fábrica de automóveis da Toyota analisa os investimentos em máquinas e equipamentos. Muitas vezes a máquina robotizada produz mais rápido e em maior quantidade, mas por outro lado a empresa não precisa de usar toda a sua capacidade de produção, os custos de manutenção são muito altos por usar equipamentos sofisticados e por exigir assistência técnica especializada de alto custo. Outra vantagem de não se ter máquinas sofisticadas é em relação ao fácil manuseio. Devido a isso, a Toyota tem

menos dificuldade de treinar um novo funcionário. Ainda segundo Shingo (1996b, p.328) um ditado da Toyota é : “são necessários apenas três dias para transformar um trabalhador temporário em trabalhador de primeira classe”.

Segundo Slack (1996, p.482) o princípio por trás desta técnica de utilização de máquinas simples e pequenas do *JIT* é o de que várias máquinas pequenas sejam usadas, ao invés de uma máquina grande.

Da mesma forma, equipamento barato e feito em casa pode ser utilizado para modificar máquinas universais, de tal forma que elas possam operar de forma mais confiável, sejam mais fáceis de manter e produzam melhor qualidade ao longo do tempo. Isto requer que a qualificação de engenharia esteja disponível dentro da empresa e que possa ser utilizada para modificar as máquinas, de tal forma que novos modelos possam ser introduzidos a baixo custo. Máquinas pequenas são também movidas facilmente, de forma que a flexibilidade do arranjo físico é ampliada e os riscos de erros nas decisões de investimentos são reduzidos, pois máquinas pequenas normalmente requerem baixo investimento.

Ohno (1997, p.79) confirma o posicionamento de Shingo em relação à utilização de máquinas simples e pequenas ao afirmar que

se um equipamento comprado na década de 20 é mantido, e pode garantir, no momento, um nível de operação próximo a 100% e se ele pode suportar a carga de produção a ele destinada, o valor da máquina não diminui em nada. Por outro lado, se uma máquina comprada no ano passado tem recebido uma manutenção precária e produz somente metade do seu nível de produção, devemos considerar seu valor como tendo diminuído 50%.

As abordagens dos autores acima se complementam na explicação das vantagens de se manterem máquinas simples, mesmo que antigas, ao invés da compra de máquinas sofisticadas e caras. Ao mesmo tempo em que as máquinas pequenas levam vantagem em relação às grandes, pois possuem maior flexibilidade para mudanças de *layout*.

2.3.4 Sistema de Troca Rápida de Ferramenta

O Sistema de Troca Rápida de Ferramenta – TRF foi desenvolvido por Shigeo Shingo em 1970, quando foi contratado pela Toyota Motor Corporation para reduzir o tempo de preparação de uma máquina de estampar de 1.000 toneladas. Na oportunidade esta máquina era preparada em 4 horas, isto é, num tempo duas vezes maior do que gastava a fábrica da Volkswagen. Cerca de seis meses mais tarde, os esforços de Shingo para melhorar esse procedimento havia reduzido este tempo para uma hora e meia. Quando retornou à Toyota, dois ou três meses depois, no entanto, a alta gerência exigia que o tempo de preparação fosse reduzido para três minutos (SHINGO, 1996a, p.141).

Shingo à princípio considerou tal exigência fora de propósito, mas após estudar o Sistema Toyota de Produção, foi aos poucos percebendo que esses tempos curtos (os quais não poderiam ser atingidos sem a TRF) eram fundamentais para atingir a produção contrapedido e sem estoque do sistema *JIT*.

A inspiração de Shingo foi converter *setup* interno em externo. Esse princípio fundamental da TRF permitiu que a Toyota baixasse o tempo de *setup* para três minutos, após poucos meses. Na verdade, porém, três meses foram necessários para reduzir o tempo de *setup* de três horas para três minutos. E foi graças aos princípios do método científico da TRF e não à habilidades de engenharia que alcançou a solução. Segundo Shingo (1996 a, p.142) esta redução de mais de 95% no tempo de *setup* para ferramentas e matrizes pode ocorrer em milhares de aplicações e em poucos meses.

Shingo formulou a hipótese de que qualquer *setup* poderia ser executado em menos de 10 minutos e chamou este conceito de “Troca Rápida de Ferramentas”.

Foram necessários dez anos de aplicação prática, para desenvolver as oito técnicas ou princípios básicos de troca de ferramentas e matrizes (SHINGO, 1996 a, p.142). Destes princípios, Shingo considera os mais importantes:

- Distinguir claramente *setup* interno do externo;
- Converter *setup* interno em externo;
- Desenvolver grampos funcionais (por exemplo, fixadores sem rosca);
- Eliminar ajustes.

De acordo com Shingo (1996 a, p.148) se a TRF for adotada, pode-se esperar os seguintes benefícios:

- Ao reduzir os tempos de *setup*, as taxas de operação da máquina aumentarão;
- A produção em pequenos lotes reduz significativamente os estoques de produtos acabados e a geração de estoques entre processos (intermediários);
- Por fim, a produção pode responder rapidamente às flutuações da demanda, através de ajustes para adequar-se a mudanças nas exigências de modelo e ao tempo de entrega.

Shingo (1996 a, p.148) comenta que

além de trazer os três benefícios citados acima, o sistema TRF também resolve outros problemas. Os trabalhadores que, no passado, resistiam às mudanças por medo de fracasso, adquirem confiança com seu sucesso em reduzir tempos de *setup* e aprendem a apreciar os desafios. Como resultado, uma cultura de apoio às atividades de melhoria desenvolve-se em toda a empresa.

De acordo com Shingo (1996a, p.77) “a adoção da troca rápida de ferramentas – TRF ou a troca de ferramentas em um único toque (OTED) é a maneira mais eficaz de melhorar o tempo de *setup*”.

Segundo Shingo (1996a, p.82), o tempo de *setup* tipicamente compreende quatro funções:

- Preparação da matéria prima, dispositivos de montagem, acessórios, etc – 30% do tempo;
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas – 5% do tempo;
- Centragem e determinação das dimensões das ferramentas – 15% do tempo;
- Processamentos iniciais e ajustes – 50% do tempo.

Ainda segundo Shingo (1996 a, p. 82-89) as oito principais técnicas TRF para reduzir o tempo de *setup* em cada uma destas áreas são :

Técnica 1 – Separação das operações de *setup* internas e externas

Nesta técnica é preciso identificar claramente quais operações atuais devem ser executadas enquanto a máquina está parada (*setup* interno) e quais podem ser realizadas com a máquina funcionando (*setup* externo). Por exemplo, toda preparação e transporte de matrizes, gabaritos, dispositivos de fixação, ferramentas e materiais podem ser feitos durante o funcionamento da máquina. O *setup* interno deve estar limitado à remoção da matriz ou ferramenta anterior e fixação da nova. Através, simplesmente, da separação e organização das operações internas e externas, o tempo de *setup* interno (paradas inevitáveis da máquina) podem ser reduzidos de 30 a 50%.

Técnica 2 – Converter *Setup* interno em Externo

Este é o princípio mais poderoso no sistema TRF. Sem ele, não poderiam ser atingidos os tempos de *setup* inferiores a 10 minutos. Fazer esta conversão envolve o reexame das operações para verificar se qualquer das etapas foi

equivocadamente tomada como interna e encontrar maneiras de converter estes *setups* internos em externos.

Técnica 3 – Padronizar a função, não a forma

A padronização da forma e do tamanho das matrizes, por exemplo, pode reduzir os tempos de *setup* consideravelmente. A padronização da forma, porém, é uma perda, porque todas as matrizes teriam de adequar-se ao maior tamanho utilizado, o que aumentaria os custos desnecessariamente.

A padronização da função, por outro lado, requer apenas uniformidade nas peças necessárias à operação de *setup*. Como exemplo, podemos acrescentar uma placa ou bloco à borda de fixação da matriz, e padronizar as dimensões somente daquela peça e faz com que seja possível utilizar os mesmos grampos em diferentes *setups*.

Técnica 4 – Utilizar Grampos Funcionais ou Eliminar os Grampos

Um parafuso é o mecanismo de fixação mais comum, mas sua utilização pode consumir um tempo muito grande. Entre os fixadores funcionais de um único giro estão incluídos o método do rasgo em U, o método do furo em forma de pêra e o método da braçadeira. Métodos de um único toque, que se utilizam de cunhas, ressaltos e prendedores ou molas, reduzem o tempo de *setup* consideravelmente, assim como quaisquer mecanismos de ligação que encaixem e unam duas partes.

Técnica 5 – Usar Dispositivos Intermediários

Algumas das esperas que ocorrem devido ajustes durante o *setup* interno podem ser eliminadas com o uso de dispositivos padronizados. Enquanto a peça presa a um dispositivo está sendo processada, a próxima é centrada e presa a um segundo. Quando a primeira estiver pronta, a peça presa ao segundo dispositivo é facilmente instalada na máquina para processamento.

Técnica 6 – Adotar Operações Paralelas

Operações em injetoras de plástico, por exemplo, envolvem, invariavelmente, trabalho de *setup* nas duas laterais ou nas partes frontal e posterior da máquina. Se apenas um operador executar essas operações, muito tempo e movimento são desperdiçados com o seu deslocamento em torno da máquina. Mas quando duas pessoas realizam as operações paralelas simultaneamente, o tempo de *setup* é geralmente reduzido em mais de 50%, devido à economia de movimentos.

Técnica 7 – Eliminar ajustes

Tipicamente, ajustes e testes piloto são responsáveis por 50 a 70% do tempo de *setup* interno. A eliminação destes tempos traz formidáveis economias de tempo.

A eliminação de ajustes inicia com o reconhecimento de que a preparação e o ajuste são duas funções distintas e separadas. Preparação ocorre na mudança de posição de um interruptor de fim de curso. O ajuste ocorre quando o interruptor de fim de curso é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição. A suposição de que o ajuste é inevitável leva a tempos desnecessariamente longos de *setup* interno e requer um alto nível de habilidade e experiência por parte do operador. Porém, os ajustes podem ser eliminados, se um padrão for empregado para determinar com precisão a posição correta do interruptor de fim de curso. Por conseguinte, a preparação será a única operação necessária.

Técnica 8 – Mecanização

Embora a troca de lâminas, dispositivos, matrizes e padrões pequenos não seja um grande problema, a mecanização é geralmente fundamental para deslocar matrizes de injeção e matrizes de injeção de plástico grandes entre outras ferramentas. Veja na figura 2 as oito principais técnicas da TRF.

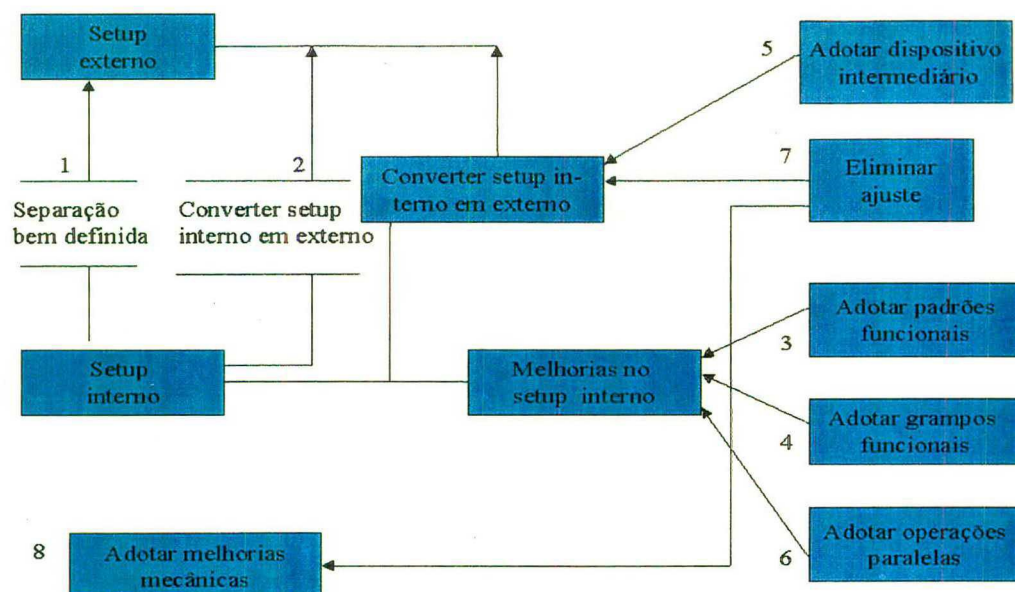


Figura 2: Fluxograma para aplicação das oito técnicas TRF

Fonte: Shingo (1996 a)

Os Quatro Estágios Conceituais Básicos da TRF, também segundo Shingo (1996 a, p.89-91) são :

Estágio Um

Neste estágio preliminar, não é feita nenhuma distinção entre *setup* interno e externo. Muitas ações que poderiam ser realizadas como *setup* externo, por exemplo, a procura de ferramentas ou manutenção da matriz são, em vez disso, executadas enquanto a máquina está parada. Isso aumenta desnecessariamente o tempo de preparação.

Estágio Dois

Esse é o estágio mais importante na implementação da TRF. Ele implica a separação das operações de *setup* interno e externo. Faça uma lista de

verificação que inclua todas as peças, condições de operação e medidas que tenham de ser tomadas enquanto a máquina estiver em operação. Depois cheque o funcionamento de todos os componentes para evitar esperas durante o *setup* interno. Finalmente, pesquise e implemente o método mais eficiente para deslocar matrizes e outros componentes enquanto a máquina estiver em funcionamento.

Estágio Três

Analise a operação de *setup* atual para determinar se alguma das atividades consideradas *setup* interno podem ser convertidas em *setup* externo. Por exemplo, pré-aquecer uma matriz de injeção ao mesmo tempo em que a máquina está operando elimina a necessidade de pré-aquecimento com injeções preparatórias de metal líquido.

Estágio Quatro

Examine as operações de *setup* interno e externo para observar eventuais oportunidades adicionais de melhoria. Leve em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação.

Shingo (1996a, p.91) exemplifica quatro formas de melhorias da TRF entre centenas realizadas ao longo dos anos, que comprovaram ser as mais efetivas:

- Separação bem definida dos *setups* interno e externo;
- Conversão total de *setup* interno em externo;
- Eliminação de ajustes;
- Fixação sem parafusos.

Shingo (1996a, p.112) afirma que

o tamanho do lote é freqüentemente aumentado para compensar as horas-homem gastas em preparação de máquinas. Em comparação, a adoção dos sistemas TRF e troca de ferramentas em um único toque (OTED) reduzem tempos de setup drasticamente e eliminam a necessidade da utilização de grandes lotes.

Ohno (1997, p.55) confirma o posicionamento de Shingo sobre a importância da TRF na redução do tamanho dos lotes.

Produzir em pequenos lotes significa que não podemos operar com uma prensa por muito tempo. Para responder à estonteante variedade nos tipos de produto, a matriz deve ser mudada com freqüência. Conseqüentemente, os procedimentos de troca de ferramentas devem ser executados rapidamente.

Harmon (1991, p. 276) comenta a redução do *setup* como fator preponderante no atendimento aos clientes.

A meta derradeira da maioria dos fabricantes deveria ser atender às solicitações dos clientes através da produção, e não dos estoques. Tal meta se torna exeqüível quando o *lead-time* de produção é reduzido, os custos de *setup* das máquinas minimizados e a capacidade flexibilizada de modo a atender a quase todos os picos de demanda, exceto os mais incomuns.

Segundo Schonberger (1993, p. 17-18) a adoção da TRF é uma medida bastante evidente e não pode ser desprezada.

O custo de preparação de equipamento constitui limitação tão evidente à redução dos estoques, que se pode perguntar por que só os japoneses se preocupam com ele. Alterar máquinas operatrizes comerciais para conseguir preparações rápidas é uma prática muito disseminada entre as empresas japonesas.

Slack (1996, p. 483) exemplifica que a redução de *setup* foi um meio pelo qual a empresa Cummins Engineering, se convenceu do poder do *JIT*. Isto ocorreu após a redução do *setup* de 17 minutos para 8 segundos feita pela equipe de operadores em uma máquina CNC, com gasto de menos de 150 dólares. “Em poucos meses, todos os tempos de *setup* na linha de blocos foram reduzidos para menos de 5 minutos. O tamanho dos lotes foi reduzido de algo em torno de oitenta (duas semanas de produção) para um”.

Segundo Tubino (1999, p. 111) As técnicas de troca rápida de ferramentas – TRF são necessárias para a produção econômica de pequenos lotes, e “fundamentais para a redução de vários dos tempos componentes do *lead time* produtivo”.

Segundo Shingo (2000, p.115) “O sistema TRF oferece o único caminho para a produção com grande variedade, em pequenos lotes e com níveis de estoque mínimos”.

As posições dos diversos autores sobre a utilização da TRF, ou *setup* rápido, convergem numa mesma conclusão de que é a solução definitiva para a possibilidade econômica da fabricação de pequenos lotes de produção.

De acordo com Shingo (2000, p.118) “Se os tempos de *setup* são drasticamente reduzidos, os índices de utilização das máquinas aumentam e a produtividade cresce a despeito de um maior número de operações de *setup*”.

Shingo (2000, p.236) exemplifica o que podemos chamar de aspectos *hard* (tecnológicos) e *soft* (organizacionais) da TRF.

Aspectos *hard* são aquelas mudanças físicas em equipamentos e ferramentas que reduzem os tempos de *setup*. Aspectos *soft* são quaisquer mudanças em procedimentos que elevam a produtividade e reduzem a perda por meio de, por exemplo, economia de materiais ou redução da fadiga do trabalhador. Embora os aspectos *hard* sejam centrais, os elementos *soft* nunca devem ser ignorados.

Shingo (2000, p.115-126) cita outros efeitos da TRF, além da economia de tempo:

- Possibilita a produção sem estoque;
- Aumento das taxas de utilização de máquinas e de capacidade produtiva;
- Eliminação de erros de *setup*;
- Melhor qualidade na fabricação do produto;
- Maior segurança durante o *setup*;
- Organização e funcionalidade nas operações de *setup*;
- Diminuição de horas-homem para a realização do *setup*;
- Menores despesas com materiais;
- Não há necessidade de operadores especializados;
- Maior preferência do operador pelo *setup*;
- Tempo de produção reduzido;
- Aumento da flexibilidade de produção;
- Eliminação de paradigmas sobre a dificuldade e demora dos *setup*;
- Proporciona novas atitudes de desafio do pessoal de fábrica;

- Métodos de produção revolucionados, eliminando o paradigma da produção em massa.

Todos estas técnicas, estágios de implantação e efeitos benéficos, além dos exemplos práticos reais, fazem crer que a TRF possa ser implantada em qualquer empresa industrial ou mesmo comercial, rural ou de serviços.

No próximo item deste capítulo se estará abordando e comentando os diversos artigos publicados sobre a utilização da TRF, os métodos utilizados em implantações específicas e suas implicações no desempenho da produção.

2.4 Trabalhos publicados

2.4.1 Trabalhos sobre Simulação de Investimentos em Redução de Tempos de *Setup*

Diversos artigos nacionais e internacionais sobre a simulação de investimentos devido aos gastos com a redução de *setups* foram encontrados. Estas simulações utilizaram-se de métodos matemáticos em equações lineares e logarítmicas baseadas em diversos parâmetros variáveis com relação ao processo produtivo e a utilização de *setups* em máquinas.

No artigo de autoria de Rachamadugu e Schriber (1995) e no artigo de Diaby (1995) foram abordadas as formas de se obter tamanhos de lote ideais, ou ótimos, com a utilização de cálculo de custos para a redução de *setups*.

No primeiro artigo (RACHAMADUGU e SCHRIBER, 1995), a abordagem foi na determinação do tamanho do lote ótimo quando a redução de custos de *setups* ocorre devido à ênfase no contínuo crescimento e aprendizado nos processos de mudança organizacionais, ao passo que no segundo artigo o autor Diaby (1995) abordou a solução de problemas para a redução dos tempos de *setup* e dos custos

em função de uma dinâmica variação do tamanho dos lotes de produção.

Segundo Rachamadugu e Schriber (1995) foi alcançado o objetivo de direcionar o problema da determinação do ótimo tamanho de lote quando reduções em custos de *setup* persistem devido a ênfase no contínuo crescimento, aprendizado de trabalhadores e incrementais processos de crescimento organizacionais. Na proposição B.1 eles vinculam o não crescimento dos custos de *setup* ao não crescimento do tamanho ótimo do lote. A limitação destas conclusões e proposições está em vincular o aumento dos custos de *setup* com o fato de se poder atingir o melhor tamanho de lote. Os custos para a redução de *setup* podem ser próximos a zero se a empresa melhorar o tempo de *setup* somente com a sua organização interna e com simples medidas de caracter gerencial, como distinguir claramente *setup* interno do externo. Assim ela também pode redimensionar o tamanho de lote.

No segundo artigo, Diaby (1995) cita que desenvolveu um eficiente e dinâmico programa para simultaneamente determinar o nível ótimo de redução de tempos de *setup* e a quantidade ótima a ser produzida para o problema dinâmico do tamanho de lote. Na realidade, o autor afirma que as variáveis operacionais para a análise de custos em redução de tempos de *setup* são muito grandes. Depende muito da experiência e o conhecimento das pessoas que executam o projeto de redução de *setups*, que é uma variável praticamente impossível de se medir. Depende também do tempo que se vai gastar e dos materiais envolvidos na solução do problema. As soluções podem ser de muitas formas, empregando diversos tipos de materiais e com técnicas diferenciadas entre elas. Isto tudo gera uma variação muito grande no resultado de custos durante a redução de tempo de *setup* em uma máquina.

Outros dez artigos internacionais foram encontrados desde o ano de 1996 até 2002, Banerjee; Pyreddy; Kim (1996); Hong; Kim; Hayya (1996); JENSEN, John B. et al (1996); Hong (1997); Chandrashekar e Callarman (1998); Diaby (2000); CHENG, T. C. Edwin et al (2001); AFFISCO, John F. et al (2001); NYE, T.J. et al (2001); Goubergen e Landeghem (2002).

Nestes artigos foram verificadas, de uma maneira geral, várias formas heurísticas de simulação de custos para a redução de *setups*, porém sempre incompletas nas suas propostas de implementação. Apenas o artigo de Goubergen e Landeghem (2002) apresenta aplicações das técnicas de Shingo em torno de sessenta casos de sucesso na redução de *setups*. Como havia sido comentado, anteriormente, as limitações destas simulações são muitas. Existem inúmeras variáveis no processo de produção, na adaptação de máquinas, nos materiais empregados, no nível de conhecimento dos operadores de máquinas, nas equipes de redução de *setups* e no gerenciamento das fábricas que impedem, até o presente momento, a determinação de um modelo realmente eficaz de resolução de problemas com relação à determinação de custos para a redução de *setups*.

Dois artigos, escritos em língua portuguesa citam também a utilização de heurísticas. No primeiro artigo, da revista *Gestão & Produção*, escrito por Akinc (1995), da Wake Forest University, intitulado *“Uma abordagem prática para a programação de setup e para o dimensionamento de lote em uma indústria têxtil”*. O objetivo deste artigo é a maximização da contribuição total de todos os pedidos programados sujeitos a restrições impostas à capacidade de produção pelas máquinas e pelas operações de preparação, considerando explicitamente os efeitos dos ajustes programados e das restrições ao atendimento das encomendas dos clientes. Nesta abordagem são discutidas várias tentativas de solução. Projeta-se um procedimento aproximado que progressivamente adiciona novos ajustes com base em várias heurísticas por meio das quais o valor das configurações candidatas às máquinas é avaliado.

As conclusões do autor (Akinc, 1995) após a pesquisa foram que a programação da produção constitui uma área intrinsecamente difícil, no que concerne às decisões da gerência. Segundo ele, há inúmeros objetivos conflitantes que devem ser considerados simultaneamente, incluindo, além de outros, o atendimento de pedidos dos clientes, o uso efetivo da capacidade instalada e os reflexos da programação nos estoques. Por fim o autor acredita que um algoritmo de programação baseado na judiciosa enumeração incompleta das variáveis referentes às preparações deverá gerar provavelmente programações de produção satisfatórias.

As limitações encontradas neste artigo foram muitas, começando pelo processo produtivo proposto na simulação sem levar em conta a produção *Just-in-time*, e consequentemente a redução de tempos de *setup* para redução nos lotes de produção, e terminando com a incerteza do autor quanto à perfeita adequação do modelo de simulação à realidade das empresas.

Já no segundo artigo, escrito por Lucas Filho (2001) da Fundação Universidade do Amazonas e denominado *“Utilização de algoritmos e heurísticas para resolução de problemas de setup na programação da produção”*, o autor aborda a pesquisa realizada em diversos artigos internacionais sobre aplicação de algoritmos e heurísticas na resolução de problemas relacionados a redução de tempo de *setup* e suas implicações na melhoria dos parâmetros de desempenho dos sistemas produtivos. Na conclusão do trabalho o autor comenta que o uso de algoritmos e heurísticas para auxiliar na solução de problemas de *setup* é uma forma de tentar adaptar os métodos e procedimentos administrativos à um modelo padrão.

Ficou claro, segundo o autor (Lucas Filho, 2001), que há uma grande dificuldade em se adaptar todas estas simulações matemáticas realizadas para os casos reais de empresas, onde os problemas relacionados ao fluxo de produção e dimensionamento das capacidades são problemas dinâmicos e não estáticos, em cenários mutantes com relação às questões de demanda em volume e mix de produtos entre outras ações administrativas.

Pela leitura destes trabalhos envolvendo simulações matemáticas pode-se concluir que as limitações de todos são devidas à complexidade de se analisar todas as variáveis envolvidas em um processo produtivo, bem como na identificação e previsão precisa dos custos de redução dos tempos de *setup*.

2.4.2 Trabalhos sobre relatos de aplicações práticas

O professor José Celso Contador da UNESP publicou na revista *Gestão & Produção*, na edição de Agosto de 1995, um artigo intitulado *“Produtividade Fabril III*

– *Método para rápido aumento da produtividade fabril: redução de tempos inativos e do tempo de espera do material em processos*”. Neste artigo o autor comenta o método criado para rápido aumento da produtividade nas fábricas, aplicável, segundo o mesmo, principalmente à indústria brasileira de manufatura e fundamenta-se exclusivamente na redução ou eliminação do tempo inativo do homem, da máquina e do material.

Ainda (Contador, 1995) cita objetos de estudo, onde relata a possibilidade de redução de tempos improdutivos acarretados por espera pelo serviço de preparação de máquinas e pela troca de produtos entre outros. Também explica que esta experiência atesta que o método pode proporcionar à produtividade fabril um aumento superior a 30%, em pouco meses e de forma perene.

Esta aplicação parece bastante exeqüível, porém se restringiu ao método que o autor julga possível de se implementar em uma indústria brasileira. Segundo o mesmo (Contador, 1995), a implantação dos conceitos de troca rápida de ferramentas foge do objetivo do método, qual seja, o de recomendar apenas medidas que propiciem aumento de produtividade num espaço de tempo diminuto, sem necessidade de alterar o processo de fabricação e sem necessidade de alterar o comportamento individual.

As limitações encontradas neste artigo são em relação a falta de procedimentos orientadores na abordagem junto ao grupo gestor da empresa, no sentido de criar uma consciência da importância da implementação de uma metodologia de utilização da TRF que irá proporcionar às empresas um alto padrão de competitividade a nível nacional e internacional.

Já o artigo de Da Silva (1999) intitulado “*A importância da troca rápida de ferramenta na organização Multibrás*” aborda a implantação da TRF, desenvolvida pela empresa Multibrás, informando que a mesma enfocou, na implantação da técnica, mais o aspecto técnico do processo de otimização da TRF, sem se preocupar muito em desenvolver um ambiente propício à implantação, quanto aos aspectos gerenciais e administrativos.

O autor acima citado comenta a importância da TRF na empresa no sentido de aumentar a flexibilidade da manufatura. Ele cita, no artigo, algumas fontes de conhecimento que levaram à conscientização da empresa em relação a implantação da TRF.

Quanto aos objetivos alcançados, Da Silva (1999) comenta que para obter maiores índices de produtividade foram eliminados vícios, organizadas as ferramentas necessárias, realizadas preparações externas e, principalmente, foi preciso acreditar que seria possível reduzir o tempo de preparação.

Ainda segundo Da Silva (1999), foi feito um gráfico que demonstra na prática da implantação bem elaborada da TRF, a possibilidade de auto financiamento para a empresa, isto é,

com um investimento entre 0 e 1% em relação ao investimento total que seria necessário para executar a TRF em uma máquina qualquer, é possível reduzir o tempo de preparação em 30%, investindo mais 15% é possível reduzir o tempo mais 30% do tempo de preparação, ou seja, investindo 16% você reduz em 60% o tempo de preparação.

Da Silva (1999) comenta ainda que na implantação da TRF, além dos benefícios citados, os resultados obtidos com a implantação da TRF na organização geraram vantagens como, por exemplo: grande retorno da melhoria da qualidade dos produtos; menor índice de refugo/manutenção; maior produtividade; menor *lead time* e melhor satisfação no ambiente de trabalho e na qualidade de vida. O autor comenta e exemplifica os enfoques estratégico, tático e operacional da metodologia de implantação aplicadas do modelo descrito por Kannenberg e Antunes Jr. (1995), concluindo que a implantação da TRF na empresa alcançou acentuadas reduções de tempo de *setup*, e conseqüentemente reduções de custos.

As limitações encontradas nesta implantação foram com relação à falta de uma maior conscientização da alta administração, no enfoque estratégico com relação a importância para a competitividade da organização em relação a outras empresas do mesmo setor.

No artigo de Kannenberg e Antunes Jr. (1995), denominado *“Proposta de uma Sistemática de Implantação de Troca Rápida de Ferramentas para Indústrias de Forma no Brasil”*, pode-se verificar que os autores utilizaram uma metodologia de implantação da TRF que se mostrou bastante abrangente nos aspectos de sua implementação.

Kannenberg e Antunes Jr. (1995) abordaram estratégias de conscientização junto aos níveis estratégico, tático e operacionais nas empresas, e com um nível de detalhamento bastante profundo, com vários passos de implementação gradativa. Segundo os autores, a sistemática proposta procurou ser genérica, porém como cada empresa tem recursos humanos, tecnologias e processos característicos, ela pode não ter todos os passos metodológicos e técnicas aplicáveis em todos os casos. Eles acreditam que seria necessária a adaptação da metodologia de referência a cada caso em particular.

Os autores (Kannenberg e Antunes Jr., 1995) concluem que o sucesso do processo de implantação depende fortemente do envolvimento da alta administração e da capacitação e cooperação tanto da média gerência quanto do pessoal de chão de fábrica. Por outro lado, as limitações encontradas no artigo são em relação a indicação da possibilidade de utilização desta metodologia em qualquer porte de empresa.

Acredita-se que esta metodologia proposta acima poderá servir como base para a implantação da TRF em serrarias de mármore e granito, cuja metodologia específica será desenvolvida no próximo capítulo.

No último artigo encontrado, dos autores Antunes Jr. e Rodrigues (1993) denominado *“A Teoria das Restrições como Balizadora das Ações Visando a Troca Rápida de Ferramentas”*, o enfoque foi dado na complementação de um trabalho de implementação da TRF nas empresas.

Antunes Jr. e Rodrigues (1993) enfocam a importância do uso da teoria das restrições como balizadora da priorização de implantação da TRF na empresa.

Citam também a metodologia geral para a abordagem da problemática da troca rápida de ferramentas de acordo com Shigeo Shingo e exemplificam como estas duas abordagens podem, em conjunto, propiciar uma melhor implantação da TRF. Eles concluem que somente a metodologia de Shingo é insuficiente para a implantação organizada e priorizada da TRF e propõem o uso conjunto da teoria das restrições e da metodologia da TRF de Shingo. Contudo, as limitações encontradas neste artigo foram com relação a falta de um maior detalhamento na metodologia e nas aplicações, de maneira a permitir sua utilização prática.

2.5 Considerações Finais

Esta revisão de literatura buscou levantar as causas, e a evolução, ao longo do tempo, que levaram ao surgimento das técnicas do sistema de produção *JIT/TQC* e de suas ferramentas gerenciais em busca do aumento da produtividade e redução de desperdícios nos processos de produção industriais. Verificou-se a evolução da produtividade desde a era da administração científica de Taylor e Gilbreth, passando por Henry Ford, Alfred Sloan entre outros até chegar ao Sistema Toyota de Produção, do sistema *JIT/TQC* e seus conceitos gerenciais de produção.

O enfoque foi dado em torno da troca rápida de ferramentas – TRF, ou *setup* rápido, cuja importância para a redução do tamanho do lote e conseqüentemente para a redução do *lead time* é muito grande em indústrias de mármore e de granito.

Foram abordados artigos e estudos de casos onde a TRF apresentou resultados satisfatórios e que podem servir de base para a implantação de uma nova metodologia junto a uma indústria de serragem de blocos de rochas ornamentais de mármore e de granito. Como verificou-se a falta ainda de uma metodologia própria, para uma pequena empresa, e direcionada ao segmento de serraria de mármore e de granito, no próximo capítulo o presente trabalho irá propor um estudo inédito para esta referida segmentação de mercado das empresas.

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução

O presente capítulo pretende definir uma metodologia para a implantação da troca rápida de ferramentas (TRF) na indústria de serragem de mármore e granito, em particular nas máquinas de corte denominadas “teares”, a principal máquina deste processo produtivo como será visto durante a análise do sistema de produção deste setor.

Conforme comentado na revisão de literatura, não foi encontrada uma metodologia focada na TRF própria para pequenas empresas direcionadas ao segmento de serragem de mármore e de granito. Por um lado, o motivo principal da implantação da TRF em uma serraria de mármore e granito está na ampliação do tempo disponível de produção de um recurso gargalo no processo produtivo, transformando tempo parado de máquina (*setup*) em tempo produtivo, visto que o tempo de troca das ferramentas, chamadas de lâminas de corte, em um tear é excessivamente alto, podendo chegar facilmente a quatro horas, principalmente quando se leva em conta que os lotes de produção nestas serrarias são unitários.

Por outro lado, a garantia de *setups* padronizados via TRF irá interferir positivamente na qualidade do produto serrado, evitando que retrabalhos sejam executados em decorrência de problemas de regulagem e ajustes mal feitos na etapa de *setup* das lâminas. Como o processo de serragem é longo, entre 40 e 150 horas, a detecção de problemas decorrentes do *setup* nas lâminas de corte só após o corte, via inspeção final de qualidade, irá não só duplicar este alto tempo produtivo como gerar produtos de segunda qualidade.

A metodologia proposta, cujo fluxograma esquemático encontra-se na Figura 3, irá portanto nortear um programa de implantação da TRF em serrarias de mármore e granito de pequeno porte que busquem ao mesmo tempo aumentar o tempo produtivo e a flexibilidade do processo e garantir a qualidade na fonte via

padronização dos procedimentos e ferramentas.

Como visto na Figura 3, a metodologia se inicia com a etapa de *Conscientização da Alta Direção* onde o conceito de TRF e seus benefícios serão apresentados à alta direção da empresa para que a mesma se conscientize de sua necessidade e oportunidade. Uma vez vendido o conceito de TRF, passa-se para a etapa de *Formação e Treinamento da Equipe*, aonde irá se montar e treinar uma equipe multifuncional que ficará encarregada de operacionalizar o processo de TRF nos teares.

Depois de montada a equipe, a etapa seguinte será a *Escolha do Tear Piloto*, onde serão feitas avaliações nos teares para identificar em qual deles deverá ser iniciada a operacionalização do processo de TRF e, uma vez escolhido e analisados os tempos de *setup* do tear piloto, uma meta de tempo de *setup* deverá ser traçada. Escolhido o tear piloto e sua meta de *setup*, chega-se à etapa de *Aplicação das Técnicas de TRF de Shingo*, onde a equipe de implantação poderá trabalhar nas técnicas de TRF desenvolvidas por Shingo, adaptando-as aos teares de acordo com as especificidades do setor de serrarias de mármore e de granito. Com base nas técnicas propostas por Shingo, nesta etapa será feito no tear piloto um estudo para adaptação e criação de dispositivos que visem a redução do seu tempo de *setup*, aproveitando-se do conhecimento multidisciplinar da equipe formada.

Para cada dispositivo criado, procedimento de preparação ou *layout* operacional alterado, um teste deverá ser feito, comparando aos tempos obtidos em procedimentos anteriores, para verificar se o tempo de *setup* foi reduzido com a implantação desta modificação. Caso a resposta seja negativa, conforme apresentado na Figura 3, a metodologia propõe que se retorne a etapa anterior para aperfeiçoamento do dispositivo, procedimento de preparação para a troca de ferramentas e matérias primas, adequação do *layout* ou para a criação de novos dispositivos.

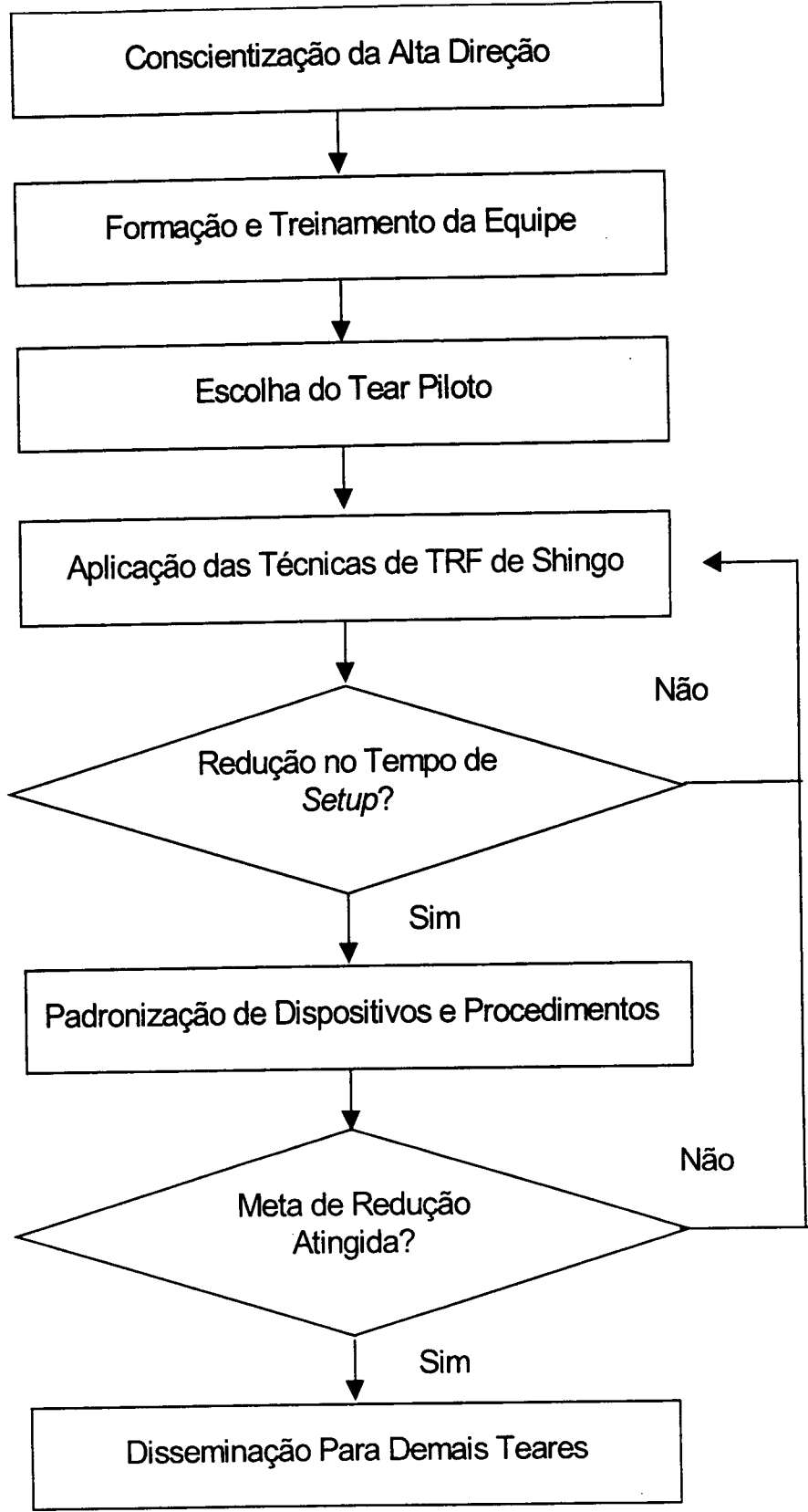


Figura 3: Fluxograma esquemático da metodologia proposta.

Caso tenha sido confirmada a adequação do novo *layout*, dos procedimentos de preparação e/ou do novo dispositivo pela redução do tempo de *setup* do tear piloto; passa-se a etapa de *Padronização de Dispositivos e Procedimentos*, onde a equipe irá padronizar dentro das normas operacionais da empresa o dispositivo projetado e testado, o novo *layout* e/ou os procedimentos incorporados na troca de ferramentas e de matérias primas do tear. Nesta etapa uma rotina de padronização e um conjunto de documentos devem ser desenvolvidos.

Com um conjunto de dispositivos projetados, procedimentos de preparação e/ou *layout* testados e padronizados chega-se ao ponto de verificar se a meta de redução do tempo de *setup* do tear piloto foi alcançada. Caso esta meta ainda não tenha sido alcançada, a metodologia propõe que se retorne a etapa de *Aplicação das Técnicas de TRF de Shingo* para nova rodada de criação de dispositivos e procedimentos para testes de redução de tempos. Já com a meta atendida no tear piloto e com os dispositivos padronizados, a metodologia proposta na Figura 3 busca, na etapa de *Disseminação Para Demais Teares*, adaptar os dispositivos desenvolvidos e os conhecimentos adquiridos pela equipe para os demais teares do sistema produtivo até que todos estejam adequados às suas metas de tempo de *setup* traçadas.

Esta proposta metodológica se baseia no fato de haver pouco conhecimento e sensibilização por parte dos empresários de pequeno porte com relação à importância da redução nos tempos de *setup*. Portanto, vem suprir uma lacuna existente em relação ao uso de novas tecnologias de produção que estão sendo decisivas para a competição das empresas num mercado cada vez mais globalizado.

Antes de se dar início à descrição das etapas da metodologia proposta, cabe apresentar o sistema de produção típico das pequenas empresas que compõem a indústria de serragem de mármore e granito.

3.2 O Sistema de Produção na Indústria de Serragem de Mármore e Granito

O sistema de produção típico de uma empresa de serragem de blocos de mármore e de granito, conforme ilustrado na Figura 4, possui a seguinte seqüência operacional: retirada do bloco do caminhão, estocagem, colocação do bloco sobre o carro porta-bloco, transporte do carro porta-bloco por um carro auto transportador, colocação do carro porta-bloco no tear, serragem do bloco, retirada do material serrado em placas e estocagem em local de expedição.

O sistema de produção atual das empresas do setor segue ainda uma lógica de produção onde existem muitos desperdícios de tempo de transporte e de materiais devido ao uso de equipamentos inapropriados e sem manutenção adequada, bem como em função do *layout* que não otimiza o espaço de movimentação de materiais. O gargalo da produção está na troca de carga de blocos, e, paralelamente, em sua troca de ferramentas.

O demorado tempo de preparação da carga aliado ao também demorado tempo de troca de lâminas de corte (ferramentas) provoca a parada das máquinas em um período de tempo aproximado de 8 horas. Somente a troca de lâminas de corte da máquina denominada de tear pode demorar em média 4 horas. A preparação de carga consiste na medição do bloco, e possível canteiramento (melhor posicionamento) ao colocar um bloco de mármore ou de granito sobre o carro porta-bloco.

O sistema de produção atual está longe de ser um sistema baseado na filosofia *JIT/TQC*, como apresentada no capítulo 2, e muito do que será visto a seguir sobre o processo produtivo atual precisa ser otimizado.

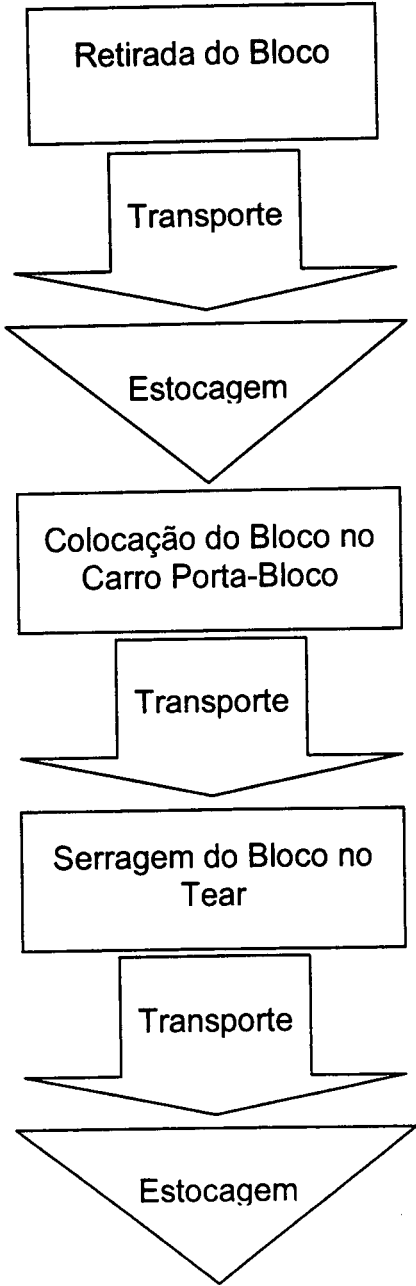


Figura 4: Seqüência operacional da serragem de blocos de mármore e granito.

Após a serrada, o material serrado em placas é todo retirado pelo mesmo carro porta-blocos que estava inserido no tear, e transportado para o carro auto-transportador que, por sua vez, irá transportar os produtos para o depósito. A Figura 5 mostra o carro porta-bloco com as chapas já serradas.

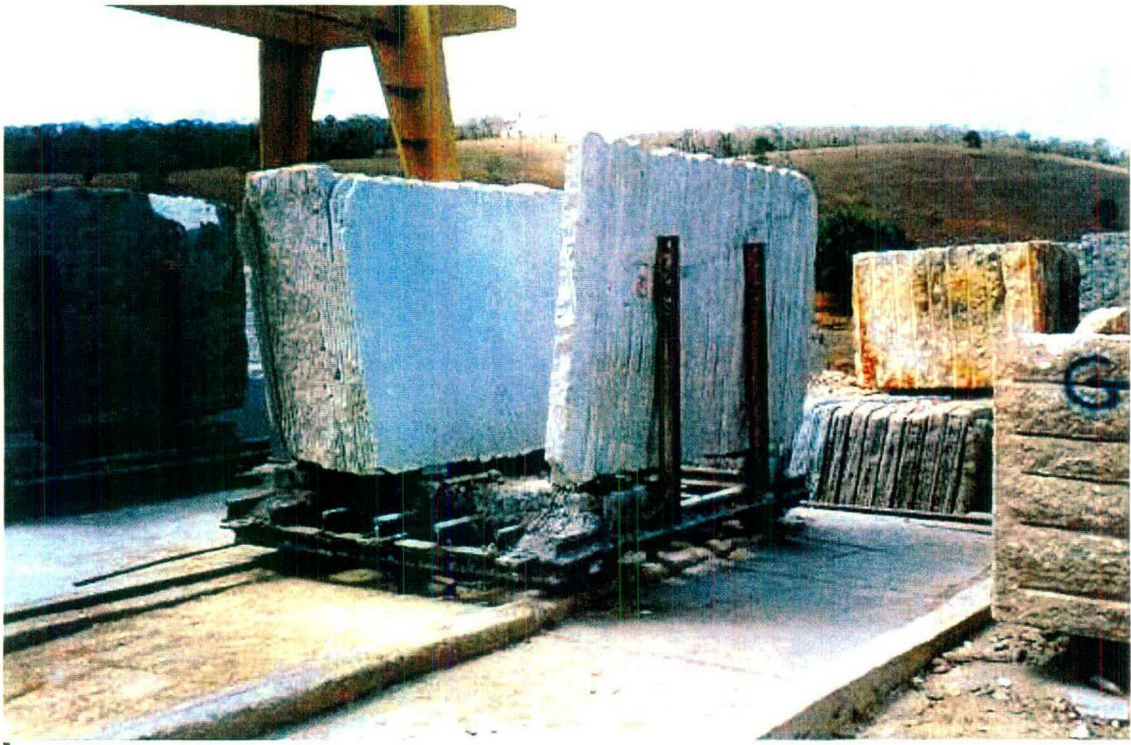


Figura 5: Carro porta-bloco com chapas serradas.

Normalmente, após a retirada do material deve-se fazer a troca de lâminas de corte do tear, pois o desgaste das lâminas ocorre durante a serrada. Existem, em geral, dois tipos de matérias-primas que são o mármore e o granito. Geralmente o mármore é um material mais macio do que o granito.

Com relação à dureza dos materiais, existem geralmente três tipos de material: macio, médio e duro. Quanto mais duro for o material, mais lâminas de corte e demais insumos serão gastos, e mais tempo demorará para realizar a serrada.

Consideram-se como insumos gastos na serragem a energia elétrica e os componentes da lama abrasiva. A lama abrasiva é uma mistura de água, granalha útil, cal, pó da rocha que está sendo serrada e pó de granalha que está sendo moída no processo de serragem. A lama abrasiva é bombeada até um chuveiro em circuito fechado, que montado sobre o bloco a ser serrado conduz a granalha até o contato entre a lâmina e o bloco. As características da lama abrasiva estão ligadas à produtividade do tear, ao acabamento da serrada, e, por fim, ao custo de produção.

Estas características são: o peso específico de um litro de lama, a sua viscosidade e o seu conteúdo de granalha útil. Para cada característica existe uma faixa recomendada de trabalho, pois à medida que a serrada prossegue, a geração de pó de pedra, por exemplo, faz com que o peso específico se altere, bem como parte da granalha útil da lama, por abrasão, se tritura gradativamente. A perfeita combinação de viscosidade ideal da lama abrasiva e da velocidade de corte das lâminas proporciona um melhor desempenho ao processo de serragem.

Por sua vez, as lâminas de corte devem ser utilizadas até a altura de 4,5 cm, abaixo deste valor as lâminas devem ser sucataadas. A troca das lâminas é realizada antes de cada serrada, e a durabilidade delas pode ser por três serradas ou mais, dependendo da dureza dos materiais serrados, da eficiência do controle de insumos da lama abrasiva (cal, granalha e pó do material serrado) da serrada e do tensionamento em que se encontram as lâminas.

A troca destas ferramentas de corte é feita manualmente, uma por uma, tanto na colocação das lâminas novas quanto na retirada das lâminas antigas. Este trabalho, além de demorado, é também bastante pesado e inseguro para os trabalhadores. O trabalho é pesado porque para retirar uma lâmina do tear é preciso, normalmente, utilizar um martelo e muita força do trabalhador. Inseguro porque algumas lâminas poderão cair sobre os pés do trabalhador. Por outro lado, as constantes pancadas em cima dos cabrestos que suportam as lâminas provocam o empeno e danificação mais rápida dos mesmos. Isto provoca também um grande aumento de custos de manutenção.

A produtividade de um tear é medida em função da dureza do material, da velocidade de corte (cm/h), do consumo de granalha, cal e lâminas de corte (Kg/m^2), do tempo de serrada (em horas), da taxa de ocupação (em %), do tempo de troca de lâminas de corte e do tempo médio de troca de carga de material.

Caso cada tear de uma empresa venha a trabalhar apenas com material duro, ou apenas com material macio, durante 30 dias, considerando-se ainda que o tempo médio de troca de carga seja de 8 horas (valor dentro da realidade atual) e que de

cada carga serrada se obtenha 380 m² de chapas serradas, todas com 2 cm de espessura, pode-se obter os seguintes valores por tear, conforme dados do SENAI/ES, descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de desempenho por tear.

Dureza	Produção (m ²)	Número de serradas/mês	Taxa de Ocupação (%)	Tempo Trabalhado (%)	Velocidade de Corte (cm/h)
Duro	1.900	5,0	75,0	94,0	1,4
Médio	2.660	7,0	75,0	92,0	1,8
Macio	4.560	12,0	80,0	86,0	3,5

Fonte: Apostila de serragem de blocos de mármore e granito do SENAI, 1997.

De um total de 720 horas de tempo disponível por mês para serragem em um tear, se gasta em média 96 horas/mês para troca de carga e lâminas de corte antes das 12 serradas previstas por mês, para um material macio.

É recomendado um tempo de troca entre 4 a 6 horas para trocas sem necessidade de relaminação (troca de lâminas) completa do tear, e entre 6 e 8 horas para as trocas de cargas com necessidade de relaminação completa do tear.

A laminação completa do tear consiste na substituição de todas as lâminas que já se desgastaram por um jogo de lâminas novas. Além das lâminas, há desmontagem de todos os pinos e cabrestos que fazem a fixação das lâminas no tear, e os tacos espaçadores, os quais afastam uma lâmina de sua vizinha, gerando então cada chapa serrada.

Durante a laminação deve ser verificada a conservação dos cabrestos, cunhas, pinos, bem como as dimensões dos tacos espaçadores das lâminas. Existem cabrestos de uma ou de duas lâminas, sendo que os cabrestos de duas lâminas tornam mais rápida a relaminação, com a conseqüente otimização do tempo.

O tensionamento das lâminas é realizado para devolver a elas uma parte do tensionamento perdido nos golpes de impacto contra a carga que está sendo serrada. Este tensionamento pode ser realizado atualmente de três modos: manual, hidráulico mono-lâmina e hidráulico multi-lâminas, que é o mais indicado.

O tensionamento hidráulico multi-lâminas é o mais indicado por ser o único a tensionar as lâminas com o tear em funcionamento no instante em que a pressão de óleo, que é monitorada por válvula, cai, além de aplicar a tensão por igual em todas as lâminas. O investimento necessário à sua aquisição é o maior de todos os três, porém o seu grande benefício é o de não interromper a produção para exercer a sua função.

O tensionamento hidráulico mono-lâminas é o intermediário. Possui a vantagem de tensionar as lâminas em igual valor, mas só atua quando o tear é desligado. Precisa do serrador para retensionar as lâminas, uma a uma, o que implica num aumento de tempo.

O tensionamento manual é o mais antigo e desaconselhado, pois é realizado através de marreta na cunha, o que reduz a vida útil dos cabrestos, além de não exercer tensão igual em todas as lâminas, pois depende da variação da disposição física do trabalhador ao tensionar em média 70 cabrestos, por exemplo, do início ao fim, em cada tear.

Tem-se que observar que cada lâmina mal tensionada pode resultar em defeitos nas duas chapas vizinhas a ela, dificultando e encarecendo a etapa produtiva seguinte, que em 90% dos casos é a de polimento. Nas Figuras 6 e 7 aparecem os laminadores colocando novas lâminas de corte no tear. Já a Figura 8 mostra o laminador fazendo a colocação das cunhas com ajuda de um martelo.



Figura 6: Colocação das lâminas no tear.

Como visto no processo produtivo descrito, muitas melhorias precisam ser implementadas no processo produtivo atual e muitas medidas gerenciais precisam ser tomadas para melhorar a produtividade, a qualidade, o custo e o atendimento aos clientes das empresas deste segmento, razão pela qual está se propondo a metodologia para TRF dos teares, que será detalhada a seguir.

3.3 Conscientização da Alta Direção

A conscientização da importância da implantação da TRF deve ser iniciada numa reunião com os dirigentes da empresa. O processo de conscientização deverá ser feito por um consultor externo líder, com experiência profissional em relação à gestão de empresas e, especialmente junto à operação fabril. O mesmo deverá ser também apoiado por um outro consultor externo especialista no segmento de mármore e granito em questão.



Figura 7: Colocação de espaçadores (tacos) entre lâminas.

No contato preliminar estes consultores deverão manifestar experiência profissional, bem como conhecimentos do segmento e do seu processo produtivo. Além disto, pelo menos o consultor líder deverá ter conhecimento das oito principais técnicas TRF para reduzir o tempo de *setup*, conforme visto no capítulo 2.

A abordagem central do processo de conscientização da alta direção de uma pequena empresa de serragem de mármore e granito deverá ser em torno da busca de uma maior competitividade para a mesma. Será exemplificado aos dirigentes que a busca da competitividade obrigatoriamente passa pelo aumento da produtividade, juntamente com uma crescente redução de custos e tempos de produção, visando sempre a qualidade dos produtos, o desempenho da entrega e a flexibilidade na produção. Além destes fatores de competitividade, citados como requisitos indispensáveis para a conquista dos clientes externos, o processo de conscientização deverá focar as áreas de decisão interna, tais como: instalações, capacidade de produção, tecnologia, organização e qualidade da operação.

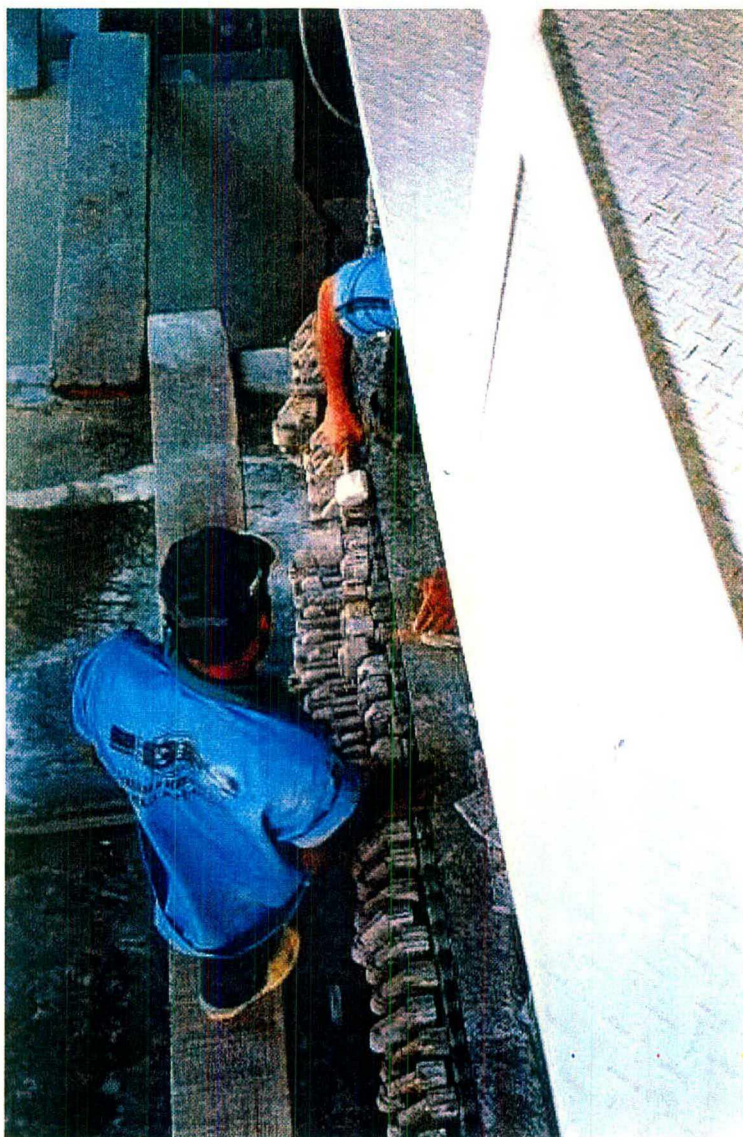


Figura 8: Colocação de cunhas com ajuda de martelo.

Ainda no processo de conscientização dos dirigentes, deverá ser enfatizado o relativamente baixo custo de investimentos para a redução dos tempos de preparação e de *setup* da única máquina de agregação de valor da empresa de serragem de mármore e granito, isto é, o tear. O retorno do investimento poderá ser medido pelo número a mais de blocos serrados, ou melhor, pelo aumento do número de metros quadrados de placas serradas por mês.

Deverá ser explicado aos dirigentes que no princípio da implantação das técnicas da TRF grande parte da redução de tempos de preparação ocorrerá com baixo custo

de investimento em comparação com os ganhos obtidos em produtividade. Isto ocorrerá devido, primeiramente, a melhor organização para a sincronização da seqüência de atividades do processo produtivo, que foram descritas no tópico 3.2, e posteriormente devido a adaptações em equipamentos de transporte da carga de blocos. À medida que o processo de implantação avança, exigem-se maiores investimentos, em função da necessidade de alterações físicas em máquinas e equipamentos. Porém, todos os ganhos proporcionados pela TRF tendem a cobrir rapidamente estes investimentos.

Para maior confiabilidade por parte do empresário, todo o custo do processo de implantação da TRF deverá ser previsto em projeto específico. As fontes de recursos deverão ser bem definidas, e poderão ser procurados recursos de financiamento em bancos ou a fundo perdido, através de instituições de fomento e de apoio ao desenvolvimento tecnológico.

Enfim, ao final desta etapa, o empresário deverá estar ciente de que a redução nos tempos de troca de carga e *setup* em dois ou mais teares poderá evitar um investimento ainda maior com a compra de um novo tear visando aumento de produção.

3.4 Formação e Treinamento da Equipe

A equipe estratégica de implantação da TRF deverá ser formada pelos consultores externos, o encarregado da serraria e por pelo menos um operador da máquina em estudo. O diretor de produção da empresa deverá fazer o acompanhamento dos trabalhos para avaliar e apoiar a implementação das melhorias. Este grupo, estrategicamente formado, visa aliar o conhecimento das técnicas da TRF, o conhecimento das técnicas de serragem e a experiência de operação da máquina. Isto porque, para se alterar o funcionamento de uma máquina é preciso antes conhecer como ela funciona atualmente e quais são as particularidades de seu funcionamento, pois, normalmente, há variação de uma máquina para outra.

O encarregado de produção e o operador da máquina deverão ser incentivados a colaborar no mapeamento das atividades e nas possíveis soluções durante a análise do funcionamento da máquina. Poderão participar na criação dos dispositivos, e deverão estar sempre presentes durante os testes a serem realizados com os dispositivos criados. A técnica *Brainstorming* deverá ser utilizada durante as reuniões da equipe estratégica. A aplicação desta técnica possibilitará a exposição de idéias sem inibição e sem críticas. Existem muitos paradigmas com relação a mudanças no funcionamento das máquinas. O grande desafio será quebrar estes paradigmas, e provar que a utilização das técnicas específicas da TRF, juntamente com o uso da criatividade, poderá resultar na redução do tempo de *setup*.

Como muitos especialistas do setor e operadores de produção trabalham há mais de 10 anos no mesmo processo produtivo, é difícil para alguém de fora sugerir uma troca de carga ou uma troca de ferramentas num tempo menor do que dez minutos. Muitos acreditam na implementação de automatismos, de alto custo, visando a redução de tempo, mas julgam ser impossível gastar pouco com uma redução tão vertiginosa de tempo.

Assim, cabe ao consultor líder assumir a responsabilidade pela condução do processo de implantação, bem como deverá ser possuidor de habilidades de persuasão junto à equipe. Alguns argumentos de treinamento e persuasão poderão ser utilizados, como: leitura de livros e artigos citando aplicações práticas da TRF, apresentação de vídeos de casos práticos de sucesso na implantação e visitas às empresas que já implantaram a TRF. Durante o treinamento dos demais membros da equipe, o consultor líder deverá explicar o que significam as oito técnicas preconizadas por Shingo (1996 a, p. 82-89), citando exemplos práticos bem sucedidos e propondo a adequação ao caso específico da troca de lâminas de corte em um tear.

3.5 Escolha do Tear Piloto

Após a explicação sucinta das oito técnicas da TRF de Shingo, a equipe deverá

analisar o processo produtivo da empresa visando à focalização do mesmo em torno de cada um dos teares. A análise se inicia com a identificação de quais equipamentos de transporte precisarão ser aperfeiçoados ou mesmo trocados para diminuir o tempo de uma troca de carga. Muitas serrarias possuem equipamentos arcaicos, inseguros e improvisados no transporte de cargas ocasionando desperdícios de tempo e de mão de obra, diminuindo assim a produtividade das mesmas. Como exemplo, pode-se citar os conhecidos “pau-de-carga”, que atualmente estão sendo substituídos por pórticos rolantes no transporte de cargas.

Paralelo a este trabalho de análise dos equipamentos visando a redução do tempo de transporte e a eliminação de desperdícios em busca da focalização da produção, a equipe deverá priorizar a redução dos tempos de *setup* nas máquinas que realmente agregam valor aos produtos, isto é, nos teares da serraria. Estes tempos de *setup* são os maiores gargalos para o aumento da produção e da produtividade na indústria de serragem de mármore e granito.

O processo de implantação da TRF para redução do tempo de *setup* no tear, portanto, deverá ser iniciado pelo tear que apresentar menor produtividade, isto é, por aquele que possuir menor capacidade de carga e menor tempo de serrada para um mesmo tipo de matéria-prima. Deste modo, usando a teoria das restrições de Goldratt (*apud* Kannenberg e Antunes, 1995, p.32), poderá ser definida a seqüência dos teares a serem priorizados para redução de *setup*, conforme sejam gargalos de produção. Portanto, os teares serão priorizados, um a um, iniciando-se pelo de menor produtividade. O tear piloto, então, deverá ser, ao mesmo tempo, o de menor produtividade, o de menor complexidade em automatização e o que existe em maior quantidade na empresa, isto porque é economicamente viável utilizar e aperfeiçoar as máquinas mais simples e comuns, a menos que alguns problemas de ordem técnica impeçam esta utilização.

Após escolhido o tear piloto, a equipe deverá então traçar uma meta esperada de tempo de *setup*, com base no potencial de aplicação das oito técnicas de TRF de Shingo. Esta meta pode ser, por exemplo, a redução do tempo de *setup* para 10 minutos ou menos. Apesar do ideal dentro da filosofia *JIT/TQC* ser de tempo zero de

setup, na prática proposta por esta metodologia, a determinação de uma meta factível permitirá a equipe avaliar seus ganhos de forma incremental.

3.6 Aplicação das Técnicas de TRF de Shingo

Cabe à equipe estratégica, sob a orientação do consultor líder, delimitar um período de tempo de execução do projeto de implantação da TRF, planejando todas as etapas a serem seguidas. Este plano será apresentado aos dirigentes da empresa e nele constará o período em meses que o projeto durará e a meta de *setup* a ser alcançada. Neste plano estará prevista a execução de estudos, discussões criativas, projeto e confecção de dispositivos necessários a obtenção da redução do tempo de *setup*. Ao projetar um novo modo de realizar o *setup*, a equipe deverá delimitar uma meta de tempo, como, por exemplo, 10 minutos ou menos para a TRF em cada um dos teares.

O estudo para a redução do *setup* pode, então, ser iniciado com a quebra de paradigmas do atual funcionamento do processo produtivo, e da atual troca de ferramentas. Isto é, deve-se pensar sempre, e positivamente, que existe uma outra forma de se fazer as coisas, assim como Taylor e Gilbreth, no final do século XIX, acreditaram que sempre haveriam formas de reduzir tempos e movimentos. A partir desta quebra de paradigma mental de acreditar na existência de uma só maneira de se fazer as trocas de ferramentas em um tear, a equipe estratégica deverá iniciar a utilização das oito principais técnicas da TRF, segundo Shingo (1996a, p.82-89), para ir gradativamente reduzindo o tempo de *setup*.

Durante o exercício de cada técnica citada por Shingo, a equipe deve utilizar ferramentas de trabalho em grupo para facilitar o alcance na solução dos problemas. Como já dito, o *brainstorming* é uma destas ferramentas utilizadas para auxiliar um grupo a criar tantas idéias quanto possíveis no menor espaço de tempo. Outra ferramenta útil para o levantamento das causas do excessivo tempo gasto nas trocas de carga e nas trocas de lâminas de corte em um tear poderá ser o diagrama espinha-de-peixe, desenvolvido por Ishikawa.

Utilizando a primeira das oito técnicas da TRF definidas por Shingo, deve-se iniciar a análise da troca de ferramentas no tear, fazendo a separação das operações de *setup* internas das externas. Na segunda técnica deve-se fazer a conversão do *setup* interno em externo, isto é, fazer o reexame das operações internas a serem colocadas externamente para a troca de lâminas de corte.

Já na terceira técnica deve-se padronizar a função, não a forma, conforme visto nas técnicas de Shingo no capítulo 2, isto é, deve-se padronizar, através de algum dispositivo, a função, ou melhor os movimentos de troca de lâminas. Enquanto que na quarta técnica deve-se promover a utilização de dispositivos de engate rápido em lugar de parafusos, que exigem um tempo muito grande para serem retirados e colocados novamente. Pode-se utilizar fixadores funcionais de um único giro como o método do rasgo em U, o método do furo em forma de pêra e o método da braçadeira, entre outras formas.

Na quinta técnica deve-se procurar utilizar dispositivos intermediários, isto é, aqueles que reduzem ou eliminam ajustes do *setup* interno do tear. Na sexta técnica deve-se adotar operações paralelas para redução do tempo de *setup* no tear. Na sétima técnica deve-se eliminar ajustes; como por exemplo os ajustes atualmente realizados durante o *setup* interno no tear. Finalmente, na oitava técnica, na medida do possível, deve-se adotar a mecanização, isto é, utilizar acionamento mecânico ao invés do manual.

Na aplicação das oito técnicas descritas um impeditivo poderá ser o custo da implantação. Caso o custo seja muito alto, a mesma poderá ser inviabilizada. Portanto, a simplicidade das soluções propostas deverá ser fator fundamental para o sucesso da implantação da TRF.

Por sua vez, após todas as análises e discussões em grupo utilizando ferramentas de criatividade como o *Brainstorming*, acredita-se que a equipe chegará a algumas soluções possíveis de serem implantadas. Os projetos de dispositivos deverão ser materializados em protótipos, e confeccionados dentro ou fora da empresa. Os mesmos deverão ser testados durante a realização do *setup* na

máquina. Os testes comprovarão a redução do tempo anterior de *setup*. Caso este tempo não tenha sido reduzido, retorna-se aos conceitos e técnicas de Shingo apoiadas pela utilização do *Brainstorming* e do diagrama espinha-de-peixe e realiza-se uma nova rodada de criação de dispositivos e testes de redução de tempos de *setup*.

Quando se atingir a adequação de um ou mais dispositivos ao funcionamento da máquina e esta adequação permitir a redução no tempo de *setup*, deverá, então, ser realizada a padronização destes dispositivos.

3.7 Padronização de Dispositivos e Procedimentos

A padronização é o procedimento básico para se obter o controle de processo durante o *setup* e durante o funcionamento da máquina. A padronização irá garantir a produção de produtos com qualidade. Para a padronização dos procedimentos de preparação de ferramentas e matérias primas, e dos dispositivos na confecção e na inserção dos mesmos na máquina deverão ser estabelecidos dois tipos de padrões técnicos: padrões dos materiais utilizados na confecção destes dispositivos e padrões de operação da utilização dos mesmos dispositivos e da preparação antes e durante o *setup*.

Nos padrões de materiais dos dispositivos poderão ser definidos, por exemplo, o tipo de aço utilizado, as dimensões requeridas para adequação à máquina, as regiões a serem soldadas e os procedimentos para as soldas, além dos esforços que os mesmos deverão suportar. Os dispositivos deverão ser documentados em desenhos e especificações de projeto para o tear piloto.

Já nos padrões de operação deverão ser definidas as atividades a serem realizadas em seqüência antes e durante o *setup* com a utilização destes novos procedimentos de preparação, *layout* e/ou dispositivos para o tear piloto. Estes padrões de operação deverão ser escritos para orientação aos laminadores e operadores da máquina no seu dia-dia de trabalho.

Uma vez executada esta padronização, verifica-se a realização da meta prevista do tempo de *setup* no tear piloto. Caso não tenha sido atingida a meta, deverá se retornar a etapa de *Aplicação das Técnicas de TRF de Shingo* para a realização de novos procedimentos de preparação, *layout* e/ou uma nova rodada de criação de dispositivos e de testes de redução de tempos.

Obtida a meta de redução no tempo de *setup* com a identificação de novos procedimentos de preparação, novo *layout* e/ou criação de outros dispositivos, e estando os mesmos padronizados, deverá se passar para a etapa de *Disseminação Para Demais Teares*.

3.8 Disseminação Para Demais Teares

Com a meta de redução atingida, com certeza a equipe estratégica de implantação terá o apoio da diretoria para seguir em frente e disseminar a TRF para os demais grupos de teares.

Os próprios funcionários da produção poderão disseminar o conhecimento adquirido e promover a implantação da TRF nos demais teares semelhantes ao tear piloto. Isto poderá ser feito quando alguns outros teares da empresa forem de um mesmo fabricante, e iguais em tamanho e especificações; desta forma os mesmos procedimentos e os mesmos dispositivos serão utilizados para a obtenção do *setup* rápido, geralmente com tempos de 10 minutos ou menos.

Contudo, a implantação da TRF em um tear com especificações diferentes deve ser realizada pela equipe estratégica de implantação da TRF, formada pelos consultores externos, o encarregado da serraria e por pelo menos um operador da nova máquina em estudo. Como já dito, para se alterar o funcionamento de uma máquina é preciso antes conhecer como ela funciona atualmente e quais são as particularidades de seu funcionamento, pois, normalmente, há variação de uma máquina para outra.

Uma vez que todos os grupos de teares tenham sido estudados e aperfeiçoados na sua dinâmica de *setup*, a empresa terá a sua disposição manuais padrões de operação de *setup* escritos para orientação aos laminadores e operadores da máquina no seu dia-dia de trabalho.

3.9 Considerações Finais

Conforme observado em todo o capítulo, o processo de implantação da TRF requer a utilização de diversas etapas onde se procura envolver todos na empresa, desde a alta direção até os operadores de máquinas. Por sua vez, os conhecimentos necessários para a implantação da TRF em um tear são bastante variados, pois passam por uma conjunção de conceitos gerenciais e técnicos, onde a visão geral de redução de custos e de desperdícios, buscando o aumento de produtividade e competitividade no mercado, se junta aos conhecimentos de dimensionamento de dispositivos específicos com o uso da engenharia de materiais.

É necessário, portanto, entender todo o funcionamento do processo produtivo de uma empresa de serragem de mármore e granito com o objetivo de melhor idealizar soluções operacionais convincentes, pois sem a experiência e o conhecimento das técnicas usuais de produção ficará muito mais difícil e demorado realizar um projeto de implantação da TRF.

A metodologia proposta busca solucionar de maneira geral e de forma objetiva os problemas de produtividade no processo produtivo, em especial o problema do desperdício de tempos. O foco da metodologia é a aplicação das técnicas TRF desenvolvidas por Shingo em uma pequena empresa. No próximo capítulo será descrita a aplicação da metodologia proposta em uma situação real com o objetivo de verificar a sua eficácia.

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

4.1 Introdução

O presente capítulo objetiva a aplicação prática da metodologia proposta no capítulo 3, com a finalidade de testá-la para validação em um estudo de caso real de implantação da troca rápida de ferramentas (TRF) em uma empresa da indústria de serragem de mármore e granito. Em particular nas máquinas de corte denominadas “tear”, as principais máquinas deste processo produtivo e as únicas de agregação de valor para o produto, como visto anteriormente.

A empresa escolhida para a aplicação foi a Gramasa Ind. e Com. S/A. A Gramasa é uma pequena empresa fundada no ano de 1986 no município da Serra, na região da Grande Vitória, no Estado do Espírito Santo. Esta serraria de mármore e granito possui dois sócios e vinte funcionários, sendo um auxiliar de escritório, um encarregado de produção, quatro serradores, quatro laminadores, dois ajudantes de pátio e oito ajudantes de produção. O trabalho deles ocorre no período de vinte e quatro horas, em turnos diurno e noturno. A empresa possui quatro teares sendo três teares de um mesmo modelo TC – G2 e capacidade máxima de carga, com um ou dois blocos, de 13,68 metros cúbicos no total, e um tear de modelo TC – G5 com capacidade de carga de 15,05 metros cúbicos.

O encarregado de produção é o responsável pela coordenação do trabalho dos demais funcionários ligados à produção. Por sua vez, os serradores são os responsáveis pela operação dos teares e pela qualidade das chapas serradas. Os laminadores são os trabalhadores que preparam toda a laminação dos quatro teares, isto é, trocam todas as lâminas de corte. Os ajudantes de pátio fazem a retirada dos blocos de caminhões e os colocam no pátio, bem como fazem o carregamento de caminhões com as chapas serradas. Os ajudantes de produção auxiliam na montagem e desmontagem das lâminas de corte do tear, na preparação da carga (bloco a ser cortado), no ajuste das lâminas de corte durante a serrada, nas atividades de transporte da carga para entrar e para sair do tear e também na

limpeza das chapas após o processo de serragem entre outras atividades.

Em geral, todos os funcionários da produção trabalham de forma polivalente e em grupo de duas ou mais pessoas. No entanto, as atividades do sistema de produção na indústria de serragem de mármore e granito, descritas no capítulo 3, exigem grandes esforços físicos da maioria dos funcionários. Somente o encarregado de produção não realiza esforço físico, pois trabalha na orientação das atividades.

A empresa vem trabalhando na serragem de blocos próprios e de blocos para terceiros. A maioria das chapas produzidas se destina à exportação para os Estados Unidos, e o seu mercado vem crescendo a cada ano. A exigência de qualidade dos produtos tem sido grande por parte de seus clientes exportadores. No intuito de atender melhor aos seus clientes a empresa tem se esforçado para melhorar a qualidade dos seus produtos, e reduzir o tempo de fabricação ou *lead time*. A mesma tem utilizado toda a sua capacidade produtiva atual de seus quatro teares, e tem se preocupado com o aprimoramento técnico de seus serradores. Recentemente três dos serradores foram participar de um treinamento específico para controle de qualidade de serradas no Senai.

Após o treinamento realizado no final de 2001, o Sebrae e o Senai propuseram o apoio na implantação da TRF junto aos teares da empresa. O Sebrae como uma instituição de fomento entrou no apoio com subsídio ao projeto. Os dirigentes da empresa aceitaram a proposta e se comprometeram a implantar melhorias na empresa e buscar a TRF em seus teares. Esta implantação se deu segundo a metodologia proposta neste trabalho, ilustrada na Figura 3 com fluxograma esquemático da metodologia proposta, sendo suas etapas detalhadas na sequência do capítulo 3.

Antes porém, cabe reapresentar a lógica da metodologia proposta no capítulo anterior. A metodologia se inicia com a etapa de *Conscientização da Alta Direção* onde o conceito de TRF e seus benefícios serão apresentados à alta direção da empresa para que a mesma se conscientize de sua necessidade e oportunidade. Uma vez vendido o conceito de TRF, passa-se para a etapa de *Formação e*

Treinamento da Equipe, aonde irá se montar e treinar uma equipe multifuncional que ficará encarregada de operacionalizar o processo de TRF nos teares.

Depois de montada a equipe, a etapa seguinte será a *Escolha do Tear Piloto*, onde serão feitas avaliações nos teares para identificar em qual deles deverá ser iniciada a operacionalização do processo de TRF e, uma vez escolhido e analisados os tempos de *setup* do tear piloto, uma meta de tempo de *setup* deverá ser traçada. Escolhido o tear piloto e sua meta de *setup*, chega-se à etapa de *Aplicação das Técnicas de TRF de Shingo*, onde a equipe de implantação poderá trabalhar nas técnicas de TRF desenvolvidas por Shingo, adaptando-as aos teares de acordo com as especificidades do setor de serrarias de mármore e de granito. Com base nas técnicas propostas por Shingo, nesta etapa será feito no tear piloto um estudo para adaptação e criação de dispositivos que visem a redução do seu tempo de *setup*, aproveitando-se do conhecimento multidisciplinar da equipe formada.

Para cada dispositivo criado, um teste deverá ser feito para verificar se o tempo de *setup* foi reduzido com a implantação deste dispositivo. Caso a resposta seja negativa a metodologia propõe que se retorne a etapa anterior para aperfeiçoamento do dispositivo ou criação de novos dispositivos.

Caso tenha sido confirmada a adequação do novo dispositivo pela redução do tempo de *setup* do tear piloto passa-se a etapa de *Padronização dos Dispositivos*, onde a equipe irá padronizar dentro das normas operacionais da empresa o dispositivo projetado e testado. Nesta etapa uma rotina de padronização e um conjunto de documentos devem ser desenvolvidos.

Com um conjunto de dispositivos projetados, testados e padronizados chega-se ao ponto de verificar se a meta de redução do tempo de *setup* do tear piloto foi alcançada. Caso esta meta ainda não tenha sido alcançada, a metodologia propõe que se retorne a etapa de *Aplicação das Técnicas de TRF de Shingo* para nova rodada de criação de dispositivos e testes de redução de tempos. Já com a meta atendida no tear piloto e com os dispositivos padronizados, a metodologia proposta busca, na etapa de *Disseminação Para Demais Teares*, adaptar os dispositivos

desenvolvidos e os conhecimentos adquiridos pela equipe para os demais teares do sistema produtivo até que todos estejam adequados as suas metas de tempo de *setup* traçadas.

4.2 Conscientização da Alta Direção

A conscientização da alta direção da empresa foi iniciada através de um encontro com os dois dirigentes da mesma. Foi apresentada a proposta de se realizar a experimentação de um novo método para a redução do *lead time*, isto é, do tempo total de produção, onde o Sebrae, o Senai e a empresa entrariam com os recursos tecnológicos e financeiros para o desenvolvimento do trabalho. Nestes contatos pessoais estavam presentes o consultor líder do projeto de implantação da TRF pelo Sebrae e o consultor especialista do setor de mármore e granito pelo Senai.

Após conhecerem o processo produtivo da empresa, apresentada pelo encarregado de produção, os consultores conversaram novamente com os dirigentes e expuseram a necessidade das empresas hoje estarem buscando uma maior produtividade e, conseqüentemente, maior competitividade no mercado. Explicaram a necessidade de se buscar a redução dos custos operacionais, a qualidade dos produtos, a rapidez na entrega e a flexibilidade na produção. Explicação esta prontamente aceita e confirmada por eles como uma necessidade que a empresa já vinha sentindo e tentando encontrar algumas soluções para melhorias na produção.

Foi citada, pelo dirigente responsável pela produção, a intenção de se utilizar um novo modelo de cabresto para os teares da empresa, o cabresto de tensionamento de duas lâminas, ou cabresto duplo. Estes cabrestos já tinham sido confeccionados e seriam colocados para testes em um dos teares. A idéia buscava reduzir o tempo de montagem das lâminas de corte na máquina e também apresentar uma melhoria na qualidade das chapas serradas. Este procedimento já tem sido utilizado por outras empresas do setor, no pólo industrial de Cachoeiro do Itapemirim, e tem tido resultados satisfatórios segundo o consultor do Senai.

O enfoque interno na produtividade foi evidenciado aos dirigentes com relação às áreas de decisão, com os seguintes pontos:

- O uso de instalações adequadas objetivando a prevenção de falhas nos teares, além da prevenção dos altos custos de manutenção dos equipamentos;
- A capacidade de produção que poderia ser ampliada com a redução do tempo de troca das lâminas de corte;
- A redução no tempo de preparação das cargas de blocos, devido a organização das atividades de preparação;
- As novas tecnologias trariam maior flexibilidade e poderiam ser implementadas nos teares em busca da TRF na serragem.
- Tudo isto objetivando o aumento da qualidade dos produtos e o aumento da produção de chapas serradas num mesmo período de tempo.

Como os dirigentes desta empresa estavam convencidos de que o investimento na aquisição de novos cabrestos duplos, em substituição aos cabrestos simples, para tensionamento das lâminas de corte, trariam benefícios na precisão da serragem das chapas, o valor investido de aproximadamente R\$ 3.000,00 para a confecção de 74 cabrestos foi considerado um investimento de retorno em curto prazo. Os testes posteriores no tear nº 1, realizados em seguida, confirmaram o melhor desempenho do cabresto duplo do que o simples na qualidade das chapas serradas. Este fato significou um avanço tecnológico importante para a empresa, e, desta maneira, a tarefa de conscientização da alta direção em relação aos investimentos em outros dispositivos, objetivando a troca rápida de ferramentas (TRF), se tornou mais fácil e bem compreendida pelos dirigentes.

Além da redução no tempo de *setup* previsto com a alteração de dispositivos na troca de ferramentas, muitas mudanças poderiam ser feitas no aspecto

organizacional com relação à preparação das ferramentas e da carga de matéria-prima a ser inserida no processo produtivo. Nestas conversas com os dirigentes foram apresentadas as fases das mudanças de produtividade das empresas desde os tempos de Taylor (1995, p.17-18) passando por Sloan e chegando aos métodos de produtividade da indústria japonesa.

4.3 Formação e Treinamento da Equipe

Durante a observação do funcionamento da empresa e avaliação dos métodos atualmente empregados, principalmente na troca de ferramentas dos teares, os consultores externos, com apoio dos dirigentes, contataram o encarregado de produção e colocaram-no a par das possíveis melhorias que poderiam ser estudadas a fim de evitar-se a grande quantidade de horas atualmente empregadas nesta operação. O encarregado entendeu e aprovou a idéia de redução deste tempo no sentido de redução dos possíveis desperdícios na operação. Ele concordou mesmo que não tenha entendido muito bem aonde poderia haver esta redução de tempos e desperdícios do processo produtivo. O que é normal dado ao grau de instrução primária em que se encontra a maioria destes encarregados de produção do setor de rochas ornamentais.

Com a colaboração do encarregado e o apoio dos dirigentes da empresa, a tarefa de formar a equipe para a implantação da TRF se tornou mais fácil. Os dois consultores solicitaram também a ajuda dos operadores e laminadores dos teares para a realização de testes e simulações de movimentos da futura troca rápida de ferramentas. O treinamento realizado com os operadores e o encarregado foram diretamente na operação do *setup*, isto é, *on-job*. Alguns operadores chegaram a afirmar, durante os testes, que a redução nos tempos de preparação da carga, das ferramentas e juntamente com a utilização dos novos dispositivos dariam certo no tear.

Antes e após os vários testes simulados realizados na preparação da carga e das ferramentas junto às operações com os novos dispositivos para a troca rápida de

ferramentas, os consultores conversaram com os dirigentes da empresa e colocaram-nos a par de toda a evolução da adaptação que estava sendo feita para os dois tipos de teares. Além do tempo de *setup* os mesmos colocaram também suas preocupações quanto à qualidade das chapas serradas e o alinhamento necessário das lâminas para atingir esta qualidade esperada.

4.4 Escolha do Tear Piloto

A análise e a priorização do tear gargalo de produção, piloto na implantação da TRF, foi feito com a observação do funcionamento dos quatro teares, e em conversas com os dirigentes e o encarregado de produção. Dentre os três teares tipo G2 de menor capacidade de carga, verificou-se que o tear de nº 1 era o tear de maior possibilidade de aumento de produtividade, devido principalmente a sua maior capacidade de carga de corte em um mesmo lote de produção. Isto significa dizer que a cada carga de bloco colocada para serragem no tear, o de nº 1 possuía maior capacidade de carga devido aos mancais de rolamento colocados em posição mais alta no mesmo. Este posicionamento possibilitava a serragem de blocos de até 1,80 m de altura. Os teares de nº 2 e 3 são de mesmo modelo do tear nº 1, porém só podem serrar blocos de até 1,60 m de altura. Também favoreceram na escolha do tear nº 1 as suas melhores condições de funcionamento, proporcionadas por uma melhor manutenção de guias de deslizamento, entre outras partes componentes da máquina.

Neste caso, foi priorizado o tear nº 1, de maior produtividade e de melhores condições de funcionamento, pois os outros dois teares de menor produtividade estavam apresentando problemas na operação, o que atrapalharia os testes de novos dispositivos para implantação da TRF. O tear de nº 4, por sua vez, é um tear operado com tensores hidráulicos, com menor tempo de *setup* e maior capacidade por lote de produção, e de modelo diferente dos demais, portanto não seria tão favorável para a empresa iniciar o desenvolvimento de novos dispositivos de troca rápida visando o aproveitamento em somente uma máquina. A partir da escolha do tear nº 1 foi proposta a realização do *setup* rápido em um tempo próximo a 15

minutos.

4.5 Aplicação das técnicas de TRF de Shingo

4.5.1 Estudo do processo produtivo atual

Definido o tear piloto, os consultores então iniciaram a observação do processo produtivo da empresa, desde a entrada do bloco de matéria-prima passando pela serragem e expedição de chapas serradas como produtos finais. Durante esta observação foram encontrados diversos problemas que reduziam a produtividade da empresa. Foi verificada, por exemplo, uma inadequação do carro auto-transportador que transporta os blocos do local de estocagem até a entrada do tear. O seu sistema de transmissão de movimento por cabos, para deslocamento sobre trilhos, tracionado por um motor elétrico e um tambor de enrolamento de cabos, necessitava de um aperfeiçoamento tecnológico para evitar a utilização de três ou quatro pessoas a fim auxiliar no enrolamento dos cabos que se sobrepõem constantemente. Esta sobreposição ocasiona a mordedura dos cabos e reduz a vida útil dos mesmos.

Por sua vez, na preparação da carga de um bloco ou lote unitário, o tempo desta preparação decorria enquanto a máquina de corte (tear) estava parada, ocasionando o desperdício do tempo precioso de produção, visto que existiam vários outros lotes unitários para serem processados. Ainda com este tear nº 1 parado, por um período médio de 12 horas, eram feitas outras atividades de apoio à produção (*setup* externo) e também a troca de lâminas (*setup* interno).

Estas trocas são iniciadas com a desmontagem das lâminas desgastadas, que estavam no tear, através de um grande esforço físico com uso de martelos, por pelo menos dois laminadores apoiados por mais dois ajudantes de produção. Este trabalho dura em média quarenta minutos, e, devido às marretadas, muitos cabrestos que seguram as lâminas iniciam, ou mesmo continuam, um processo de

empeno, o que a curto e médio prazo provoca uma redução da vida útil dos mesmos e a diminuição da qualidade das chapas serradas devido ao desnivelamento. Por sua vez, as cunhas de tensionamento colocadas nos cabrestos das lâminas de corte, ao serem retiradas sob tensão com pancadas de martelo, são atiradas a uma altura de aproximadamente seis metros acima do trabalhador, o que pode e já tem provocado alguns acidentes ao cair sobre o mesmo.

Na colocação das novas lâminas de corte no tear nº 1 foi verificado também um grande tempo gasto com trabalho quase artesanal, pois as lâminas são inseridas uma a uma no quadro (canoa) do tear. Todo este processo de montagem de lâminas estava sendo demorado e muitas vezes impreciso, devido ao desnivelamento de cabrestos, a falta de alinhamento paralelo entre as lâminas, bem como devido ao tensionamento desigual de cada uma das lâminas. O tensionamento das lâminas no tear é dado pelo responsável da laminação, ou laminador, através de uma marreta. Deste modo existe um tensionamento desigual nas lâminas.

Todos os ajustes dos teares precisam ser bem feitos para evitar um corte desigual das chapas serradas, e a manutenção correta das máquinas é fundamental para a precisão destes ajustes. Na Gramasa os teares nº 1, 2 e 3 sofrem uma série de desgastes em guias, coroas e pinhões, entre outros elementos de máquinas, que estão expostos à abrasão, como a da lama abrasiva utilizada no corte dos blocos de rochas ornamentais. Estes problemas estão sendo equacionados com o estudo para adaptação de proteção destes elementos nos teares.

Durante a observação dos procedimentos de troca das ferramentas de corte, isto é, das lâminas de corte no tear nº 1, foram verificadas atividades desnecessárias em movimentações de pessoas devido à falta de foco na operação. Pôde-se observar, por exemplo, que não existia um trabalho coordenado de cada um dos laminadores e ajudantes. Qualquer um deles poderia sair a qualquer momento para ir ao banheiro, pegar uma peça faltante ou mesmo ajudar numa outra operação paralela que estivesse sendo executada na empresa. Algumas vezes, a troca de lâminas tinha de ser interrompida para que os laminadores pudessem fazer o tensionamento de lâminas em um outro tear que havia parado durante a serragem, somente para

fazer este tensionamento. Outras vezes a carga de bloco ainda não estava pronta para entrar no tear, o que fazia com que os funcionários da produção se deslocassem para preparar esta carga. Enfim, mudavam de uma atividade para outra, dentro da fábrica, sem nenhuma sincronização e priorização.

Durante a realização do estudo do processo produtivo na empresa, ficou claro para os consultores externos a falta de organização das atividades de planejamento da produção. Portanto, teria de ser feito todo um planejamento para as atividades de preparação dos blocos, ou lotes unitários, segundo o critério de demanda e prazo de entrega para que a empresa seguisse a metodologia do *JIT*.

4.5.2 Aplicação prática das técnicas de TRF de Shingo

Na análise do processo produtivo da empresa foi percebida a existência de muita preparação e ajuste durante a troca de lâminas em um tear. Com base nos conceitos de *setup* interno e externo e de sua separação, surgiu inicialmente a idéia de realizar toda a preparação das lâminas fora do tear.

Atualmente só existe um modelo de tear que possui preparação externa das lâminas, é o tear com quadro de lâminas de corte intercambiável, isto é, todo o quadro montado com lâminas é retirado e recolocado na máquina em um tempo aproximado de 15 minutos, segundo informações do fabricante. Este é um tear da empresa de máquinas e equipamentos Barsanti Macchine da Itália. Porém o preço de aquisição de um tear deste modelo é o dobro do preço de um tear convencional. Esta forma de solução do problema via aquisição de novos equipamentos fere o princípio de flexibilidade com a utilização de máquinas simples e pequenas, proposto por Shingo (1996b, p.326 –327), que cita o exemplo da Toyota se orgulhar de não possuir uma só máquina, entre as milhares que possui, que não tenha sido modificada de uma forma ou de outra para este fim.

Seguindo este princípio, se uma pequena empresa do setor de mármore e granitos, com quatro teares, como a Gramasa, resolve aumentar a sua capacidade

de produção, é mais vantajoso para ela investir na redução de desperdícios de tempo nos atuais quatro teares existentes, do que adquirir um novo tear que possui quadro de lâminas intercambiável e que custará o dobro do preço de um tear convencional. A redução nos tempos de *setup* e de preparação da carga destes quatro teares existentes na empresa tem grande possibilidade de evitar a compra de mais um tear, caso haja aumento na demanda dos produtos da empresa. Diante desta possibilidade, o trabalho da equipe passou a ser de busca na adaptação dos atuais teares, existentes na empresa, para a troca rápida de lâminas de corte.

Baseando-se nesta possibilidade de adaptação dos atuais teares para o uso da TRF, a equipe passou a utilizar os princípios técnicos de Shingo para a TRF. Como visto no capítulo 2, a primeira das oito principais técnicas da TRF preconizadas por Shingo para reduzir o tempo de *setup* é a da “identificação e separação das operações de *setup* internas e externas”. Inicialmente se identificou uma série de atividades no sistema de produção da Gramasa que gerava interferências durante o tempo de *setup*, como, por exemplo, a parada do serviço de colocação de lâminas em um tear para retensionar lâminas em outro tear, ou mesmo a ajuda para carregar um caminhão de chapas serradas, ou para preparar a carga do bloco que seria serrado no mesmo tear onde estava sendo feita a troca de lâminas. Estas eram as situações que estavam sendo desenvolvidas durante o tempo de *setup* e que nada tinham haver com o *setup* em si, e portanto deveriam ser evitadas durante o *setup* e deslocadas para outros funcionários, pois impossibilitavam a redução do tempo de *setup*.

Para tal, foi prevista a utilização de outras pessoas para carregamento de placas serradas no caminhão de transporte e prevista a utilização do tensionamento hidráulico automático para evitar paradas do tear devido ao tensionamento mecânico feito manualmente. Foi necessário um melhor planejamento da utilização do pessoal da produção em função das paradas previstas, procurando executar as outras atividades necessárias da empresa enquanto os teares estivessem em funcionamento. Houve uma diminuição do estoque de blocos no pátio da empresa. Ficaram somente aqueles blocos que entrariam na máquina assim que terminasse o corte daqueles que estavam na máquina. Os blocos já foram todos posicionados nos

respectivos carros porta blocos de cada tear, aguardando somente o término do corte do bloco em operação para a entrada de um novo bloco.

Estabelecida esta “limpeza” nas atividades desenvolvidas durante o *setup*, o tempo de troca de carga junto com a troca de lâminas de corte no tear caiu da média de 12 para a média de 8 horas no total. Devido a estas providências tomadas, a separação entre o *setup* interno e o externo poderia ser feita. O *setup* interno no tear ficou limitado à remoção das lâminas de corte gastas e a reintrodução no mesmo com lâminas de corte novas.

A equipe passou a perseguir uma redução maior no tempo de preparação da carga de matéria-prima e dos componentes necessários à troca de ferramentas. Com relação às ferramentas utilizadas no tear, foi feita a separação e a preparação das lâminas de corte, cabrestos e pinos a serem utilizados para cada tear como *setup* externo, o que proporcionou também uma redução no tempo de *setup* em média de 15 minutos. A mesma conseguiu baixar o tempo de preparação geral da carga e da troca de lâminas, reduzindo-o de 8 para 7 horas e 45 minutos somente organizando melhor as atividades e evitando interrupções para atendimento às outras atividades da fábrica.

Eliminadas atividades desnecessárias e separado o *setup* interno do externo, na aplicação da segunda técnica da TRF “converter *setup* interno em externo” proposta por Shingo, os consultores imaginaram que poderia existir uma nova maneira de fazer a preparação externa das lâminas de corte que viesse a facilitar e reduzir o *setup* interno.

Buscando aplicar esta técnica na empresa, a equipe de trabalho idealizou a preparação externa das lâminas de corte com pinos e cabrestos já conectados nas lâminas. Isto feito, possibilitaria a redução dos tempos de preparação interna na troca de lâminas, onde o maior tempo do *setup* interno é gasto justamente com esta preparação e ajuste. Porém, a questão estava em como fazer esta preparação interna se tornar preparação externa sem copiar a fórmula já patenteada do quadro intercambiável do tear italiano, bem como realizá-la com um menor custo de

adaptação na máquina.

A equipe então passou a imaginar a preparação externa utilizando um carro porta-lâminas que possibilitaria a montagem das lâminas em posição horizontal, isto é, na mesma posição como elas se fixam dentro do tear. Os pinos e cabrestos de tensionamento também já deveriam estar conectados. Nesta solução porém existiam limitações de espaço para movimentar os cabrestos e colocá-los no tear. As lâminas de corte têm uma folga de apenas 30 mm de cada lado no quadro fixo do tear. Por sua vez, todos os cabrestos existentes em teares são montados de fora para dentro do quadro de fixação das lâminas, passando pelos rasgos laterais do quadro e topando suas cabeças nestas laterais. Se a equipe conseguisse encontrar uma solução de entrar com os cabrestos já montados com as lâminas e durante o *setup* interno só conectasse os mesmos no quadro fixo do tear, com certeza esta troca de ferramentas seria bem mais rápida do que a atual.

O passo seguinte foi, utilizando o conceito da técnica 3 da TRF de Shingo “padronizar a função, não a forma”, identificar uma maneira de padronizar a função de posicionamento horizontal das lâminas de corte, e não a forma ou formato dos cabrestos de tensionamento, até porque cada tear possuía um tamanho de cabresto diferente. Padronizar a função, então, seria encontrar uma maneira para sustentar as lâminas de corte na posição horizontal, só que agora elas já estariam montadas com os pinos e os cabrestos. A maneira encontrada foi projetar um carro porta-lâminas onde esta solução seria possível. Isto porque o único objetivo era de facilitar a troca de lâminas em qualquer modelo de tear.

Utilizando a dinâmica de geração de alternativas do TQC denominada “*Brainstorming*”, a equipe então passou para a utilização da técnica 4 da TRF de Shingo, ou seja, “utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos”.

De acordo com esta técnica, ficaria bastante demorado fazer qualquer ajuste ou encaixe entre peças componentes com a utilização de parafusos, por exemplo, devido ao excessivo tempo gasto na colocação e ajuste. Baseado neste conceito, que faz parte dos princípios da TRF, a equipe então começou a vislumbrar alguma

maneira criativa de se colocar os cabrestos de dentro para fora do quadro fixo do tear. Maneira esta inovadora, pois até hoje não existe nenhum tear com este tipo de movimentação. Surgiu, então, a idéia de fazer um rasgo no corpo dos cabrestos para facilitar a movimentação sobre os pinos e possibilitar a entrada por dentro do quadro fixo do tear. As orelhas dos cabrestos, por sua vez, eram o problema, pois como elas passariam pelo rasgo lateral do quadro fixo do tear já que as mesmas eram fixas em todos os tipos de cabrestos existentes? Deste questionamento surgiu a idéia de fazer com que as orelhas destes cabrestos fossem giratórias, isto é, elas teriam de ter um pino no meio, para que fizessem o giro e passassem pelo rasgo do quadro fixo. Com relação aos outros cabrestos, no lado contrário do quadro fixo, também eram necessários rasgos em seus corpos, porém os mesmos não precisariam de adaptação para giro das orelhas, pois eles não as possuíam. Os topadores destes cabrestos no quadro fixo são as cunhas que se colocam nas extremidades deles, posteriormente, para dar o tensionamento nas lâminas.

Numa etapa seguinte, a equipe buscou a utilização da técnica 5 da TRF proposta por Shingo de “usar dispositivos intermediários”. Resolvido o problema de movimentação dos cabrestos, que seriam testados posteriormente no tear, a equipe precisaria reduzir o tempo de colocação de cada cabresto no quadro fixo do tear. Se fossem colocados cada cabresto duplo, um por um, e como são cerca de 74 cabrestos, 37 de cada lado do quadro, o tempo de colocação individual aumentaria o tempo de *setup* interno. Através da utilização do *Brainstorming*, surgiu a idéia de se utilizar um dispositivo para inserir simultaneamente os cabrestos de um dos lados do tear. Este dispositivo poderia ser uma barra redonda de pequeno diâmetro e passante em todas as cabeças dos cabrestos, de maneira que o operador, ou operadores, ao puxar esta barra pudesse acionar e inserir simultaneamente os cabrestos no tear.

Resolvido o problema de movimentação para proporcionar a inserção de lâminas e cabrestos no tear de dentro para fora do quadro fixo e reduzindo o tempo de inserção utilizando o dispositivo de inserção simultânea. A próxima etapa seria de redução de tempos através da organização e sincronização das ações dos operadores da laminação ou laminadores.

A equipe então partiu para a utilização da técnica 6 da TRF “adotar operações paralelas”, e verificou que as ações simultâneas de dois operadores nos dois lados do quadro fixo do tear teriam a função de encaixar os cabrestos em cada lado deste quadro. Fazendo isto, o tempo de operação do *setup* interno seria reduzido ainda mais.

Restou ainda um outro problema para ser resolvido, a colocação paralela e bem justa das lâminas e cabrestos no quadro do tear. Como visto anteriormente, as lâminas de corte precisam estar ajustadas com um perfeito paralelismo entre elas, pois se houver alguma diferença, esta diferença será sentida posteriormente quando forem retiradas as chapas serradas da máquina. Qualquer diferença superior a dois ou três milímetros poderá causar uma imperfeição nas chapas, prejudicando assim a qualidade e a venda dos produtos.

De acordo com a técnica 7 da TRF de Shingo, “eliminar ajustes”, a equipe pensou em evitar um tempo excessivo no ajuste do paralelismo durante a colocação das lâminas, pinos e cabrestos no quadro do tear. O que fazer, então, para eliminar este ajuste que aumenta o tempo de *setup* interno? A solução pensada foi utilizar um dispositivo como suporte para os tacos espaçadores das lâminas, com a finalidade de realizar o ajuste da distância entre lâminas antes da inserção das lâminas no quadro do tear. O procedimento passou a ser proposto durante a preparação, no *setup* externo, realizada no carro porta-lâminas. Quando colocadas no tear, as lâminas já teriam sido espaçadas por este dispositivo espaçador que deveria ser movimentado, posteriormente, apenas para ser retirado da região de corte do bloco.

Discutidos todos os passos anteriores baseados nas sete técnicas de Shingo, ficou faltando apenas a implementação da oitava técnica, ou seja a “mecanização”. Esta última técnica poderia ser aplicada, em caso de necessidade, após todos os testes realizados nas operações de *setup* interno. Isto porque o custo de mecanização é mais alto do que a simples movimentação manual do operador. Há casos, entretanto, em que o esforço físico do operador se torna muito grande, ou onde o ajuste na máquina é difícil de ser realizada pela falta de precisão no

manuseio. No caso específico do *setup* interno em um tear há um esforço muito grande do operador para acionar simultaneamente vários cabrestos e há dificuldade de ajuste por cunha durante o tensionamento das lâminas, desta maneira a mecanização se torna indispensável.

Para o tensionamento das lâminas existe o tensor hidráulico, já utilizado em um dos teares da empresa, porém o seu custo de aquisição é bastante alto, o que torna o investimento em curto prazo impeditivo, porém a médio e longo prazo pode proporcionar um retorno financeiro justificável pela economia de tempo no tensionamento das lâminas de corte durante o *setup* interno e também durante a operação de serragem no tear. Além disto, o tensionamento hidráulico poderia evitar a produção de chapas defeituosas devido ao tensionamento desigual das lâminas de corte nas operações manuais.

4.5.3 O projeto das soluções

Concebidas as idéias iniciais dos dispositivos de troca rápida segundo as técnicas preconizadas por Shingo, a equipe então iniciou o projeto dos mesmos. Conforme descrito anteriormente, foi criada uma nova forma de introdução dos cabrestos no tear. No início foi difícil de quebrar os paradigmas de vários dos membros da equipe, inclusive do engenheiro especialista no setor de rochas ornamentais. A idéia de fazer um rasgo no interior dos cabrestos para possibilitar a movimentação dos mesmos parecia uma idéia impossível de ser posta em prática devido ao receio de fragilizá-los, pois os dirigentes, técnicos, encarregados e operadores de teares já estavam habituados a trabalharem com cabrestos mais robustos.

Paralelo a este trabalho de convencimento, o líder da equipe propôs a realização de cálculos de resistência dos materiais, pois as forças aplicadas sobre os cabrestos de uma lâmina eram de aproximadamente 3 toneladas. Em cabrestos duplos, como previsto no projeto, a força exigida seria em torno de 6 a 8 toneladas. Foram então projetados os dois tipos de cabrestos duplos visando a TRF para o tear nº 1,

executando o tensionamento de duas lâminas simultaneamente, de maneira a poderem ser posicionados de dentro para fora dos rasgos de fixação no quadro fixo do tear. Os cabrestos duplos foram inicialmente feitos em modelo de madeira para testar a movimentação de entrada no tear de dentro para fora, posteriormente foram feitos os protótipos em aço 1045, e testados durante uma serrada para comprovar sua resistência e eficiência no corte das chapas.

Nas Figuras 9 e 10 são apresentados os modelos de cabrestos duplos criados para o tear nº 1, segundo esta nova maneira rápida de introdução nos teares. Já nas Figuras 11, 12, 13, 14 e 15 se podem ver os cabrestos simples e duplos anteriormente utilizados para o tensionamento das lâminas de corte.

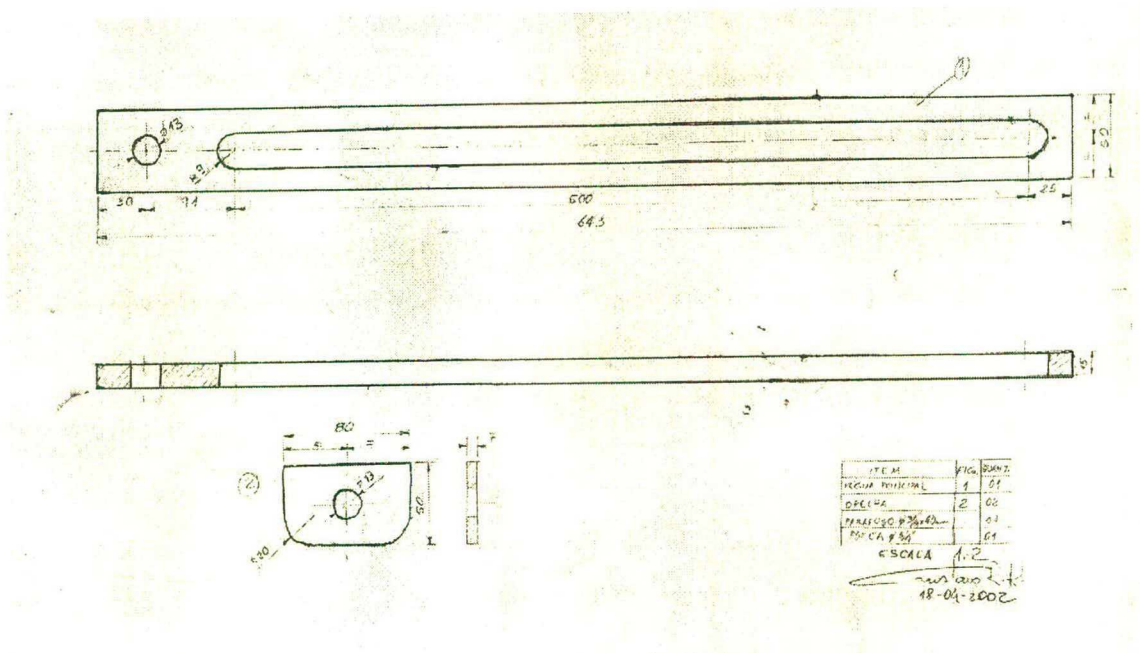


Figura 9: Cabresto do lado onde não há tensionamento por cunha.

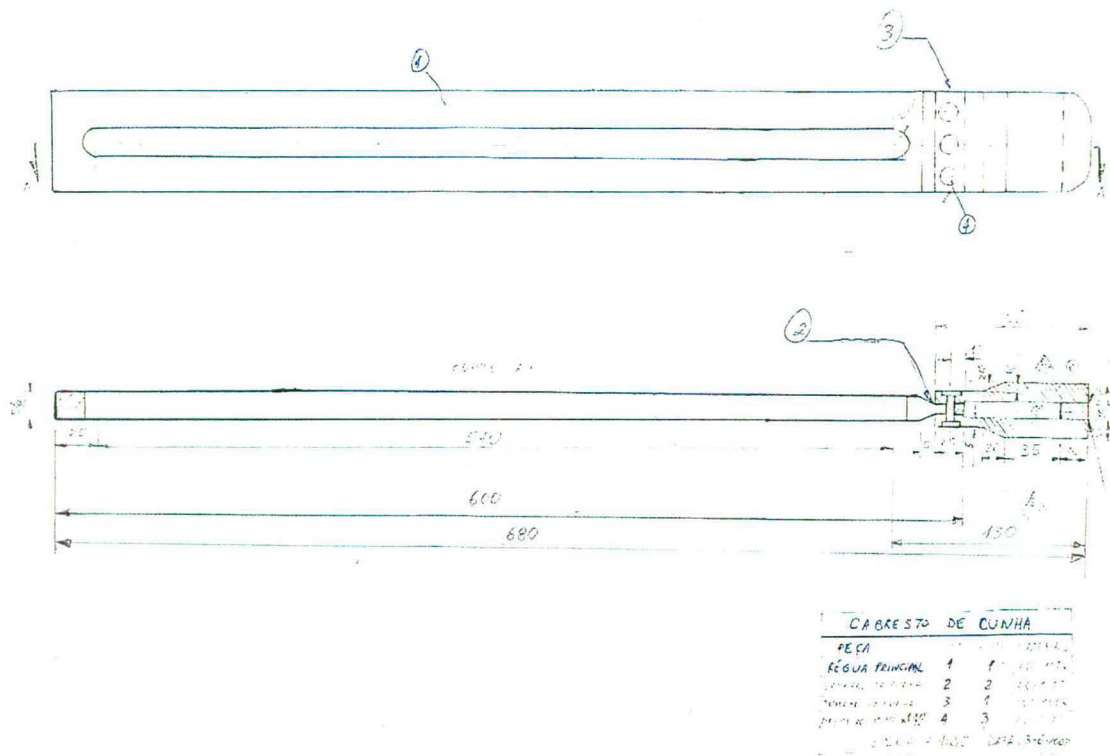


Figura 10: Cabresto do lado onde há tensionamento por cunha.

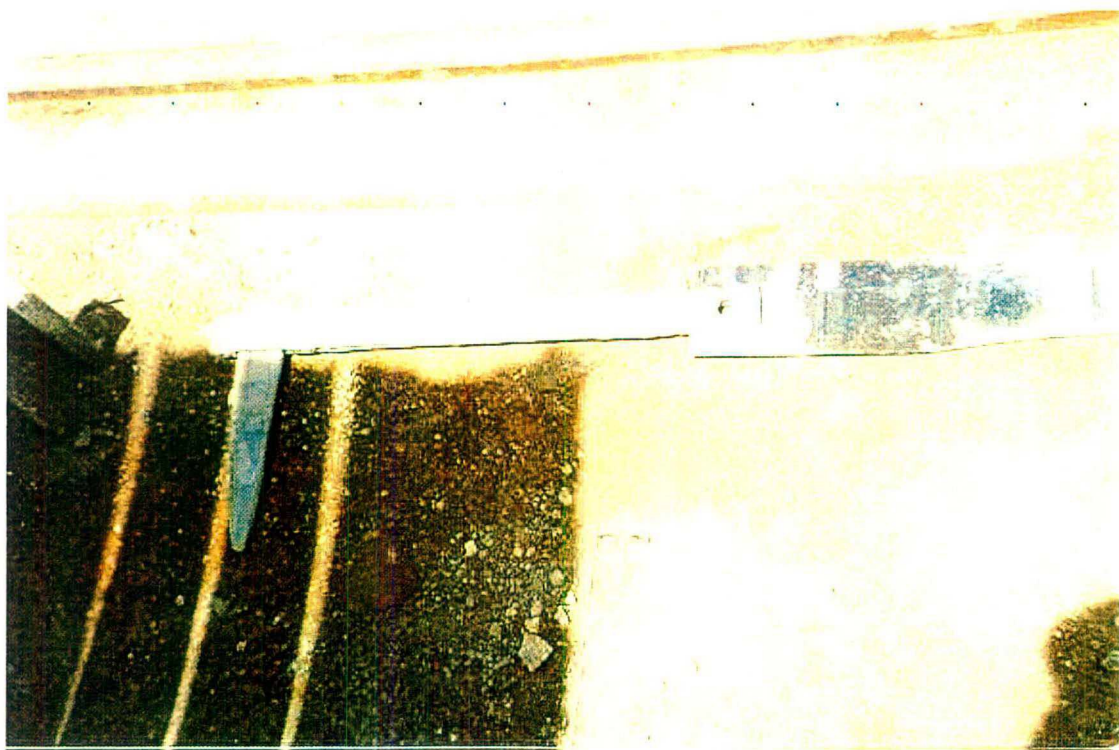


Figura 11: Cabresto com cunha convencional de uma lâmina para tear nº 1.

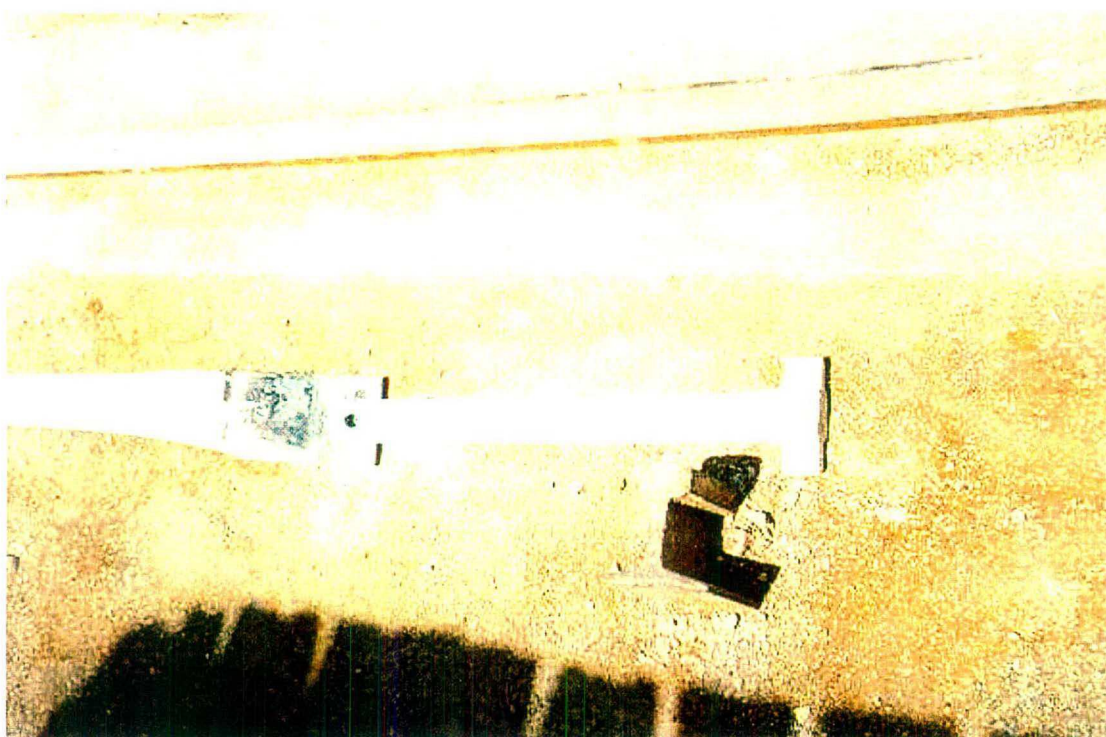


Figura 12: Cabresto com orelha de fixação convencional de uma lâmina.

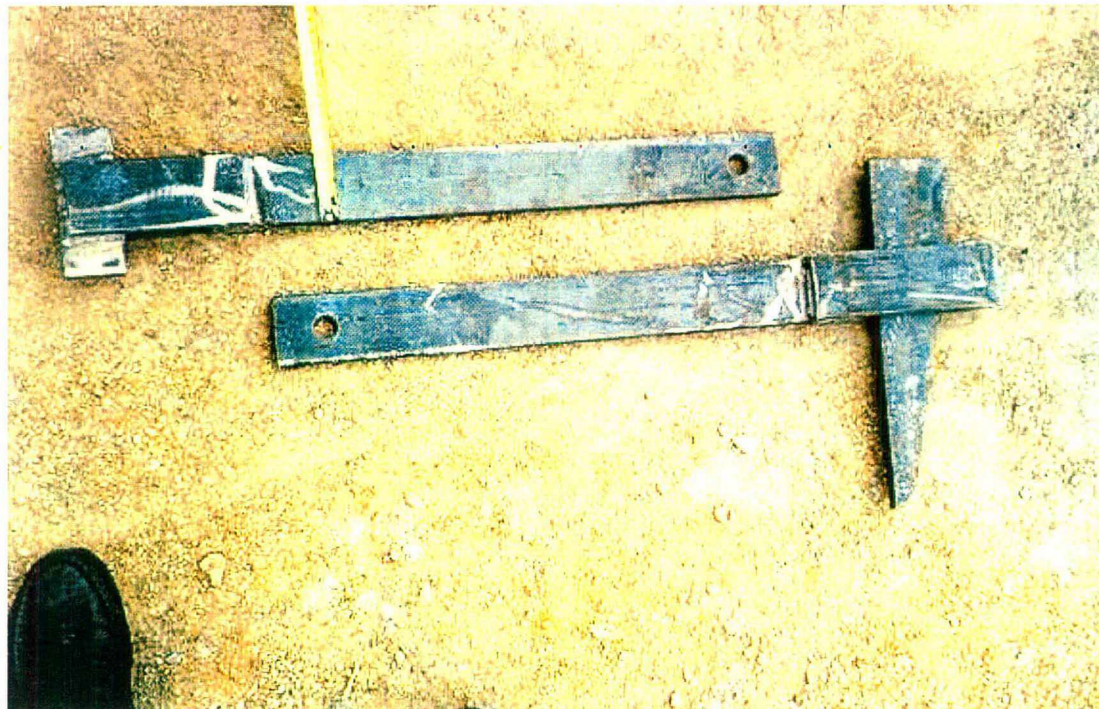


Figura 13: Jogo de cabrestos duplos adaptados ao tear nº 1.

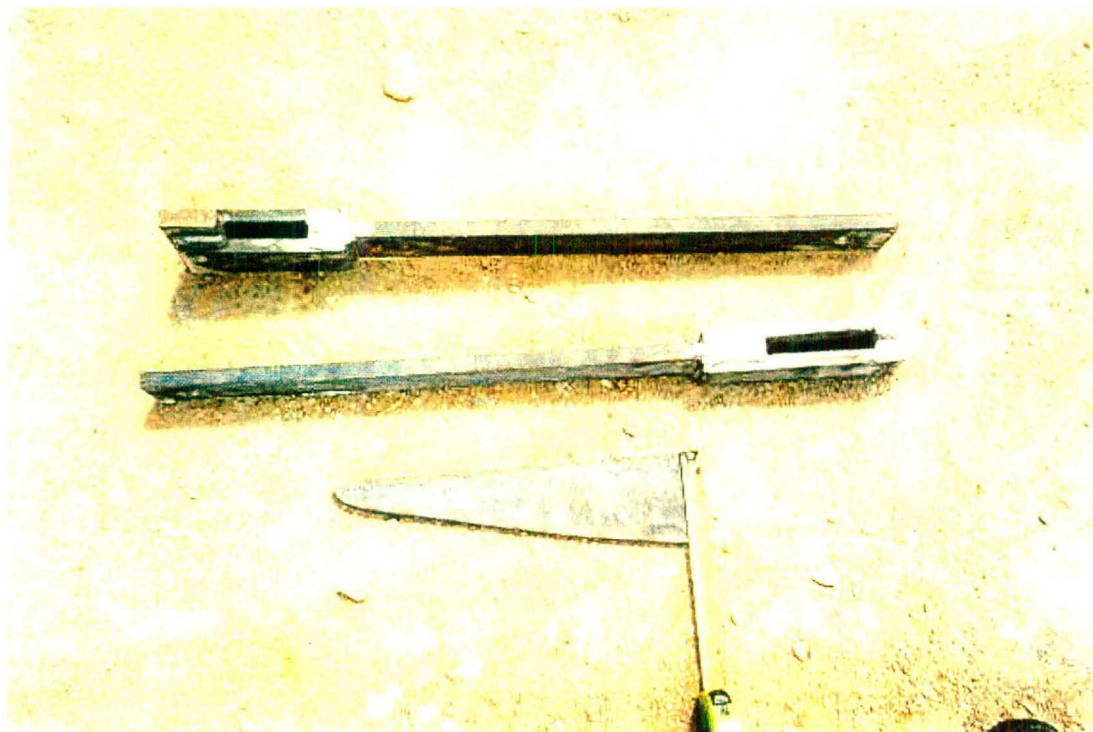


Figura 14: Vista superior dos cabrestos duplos com a cunha ao lado.

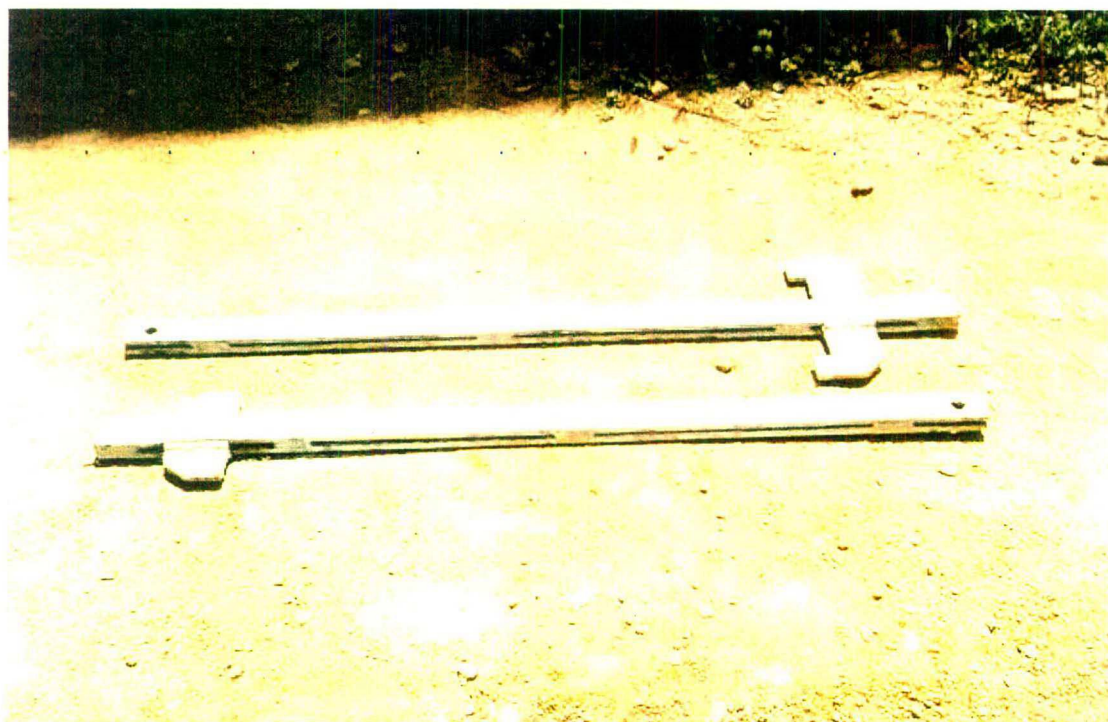


Figura 15: Cabrestos convencionais de uma lâmina para tear nº 4.

4.6 Padronização dos procedimentos, dispositivos e disseminação para demais teares

Após projetar e testar os dois novos tipos de cabresto para o tear de nº 1 (tear piloto) de tensionamento manual, a metodologia propõe padronizar estes novos dispositivos caso eles venham a contribuir com a redução dos *setup*. Porém, devido ao esforço de marretar a cunha no cabresto, assim como ocorre nos demais cabrestos tensionados manualmente, o cabresto do lado tensionado por cunha sofreu empeno na região da cunha, bem como na região do rasgo em que o pino corre junto com as duas lâminas. Em função da ocorrência deste problema, a equipe concluiu que precisaria instalar um tensor hidráulico no tear nº 1 com o objetivo de adaptar estes dispositivos para a TRF, pois a falta de precisão nas chapas serradas também estava relacionada com este empeno dos cabrestos provocado pelo tensionamento manual.

Devido a este problema, e aproveitando todo o trabalho desenvolvido para o tear nº 1, a equipe partiu para o projeto de novos cabrestos duplos de TRF para o tear nº 4, onde o tensionamento é feito pelo tensor hidráulico, isto é, sem as marretadas utilizadas no tensionamento manual. Nas Figuras 16, 17 e 18 estão apresentados os rascunhos dos novos cabrestos projetados para o tear nº 4.

O projeto do carrinho porta-lâminas utilizado não pôde ser mostrado devido ao pedido de sigilo, pois a empresa pretende registrar sua patente. Os procedimentos de preparação escritos para antes e durante a troca de matérias primas e a troca de ferramentas nos teares também não puderam ser mostrados pelo mesmo motivo.

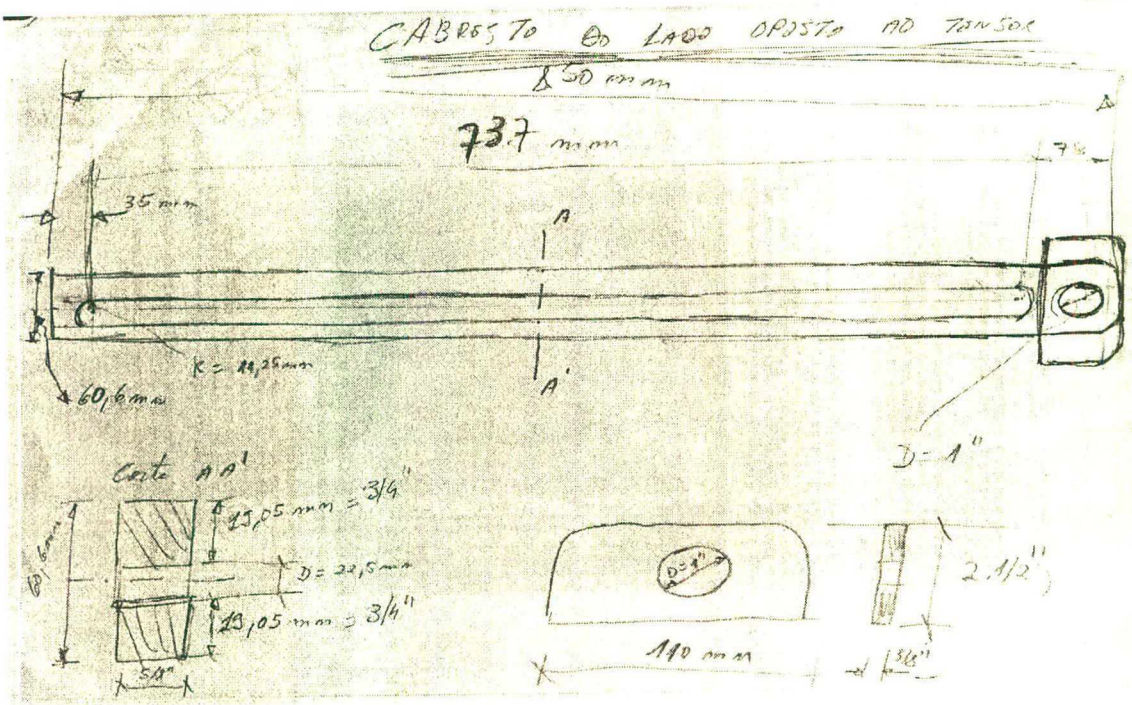


Figura 16: Cabresto de orelha duplo de TRF para tear nº 4.

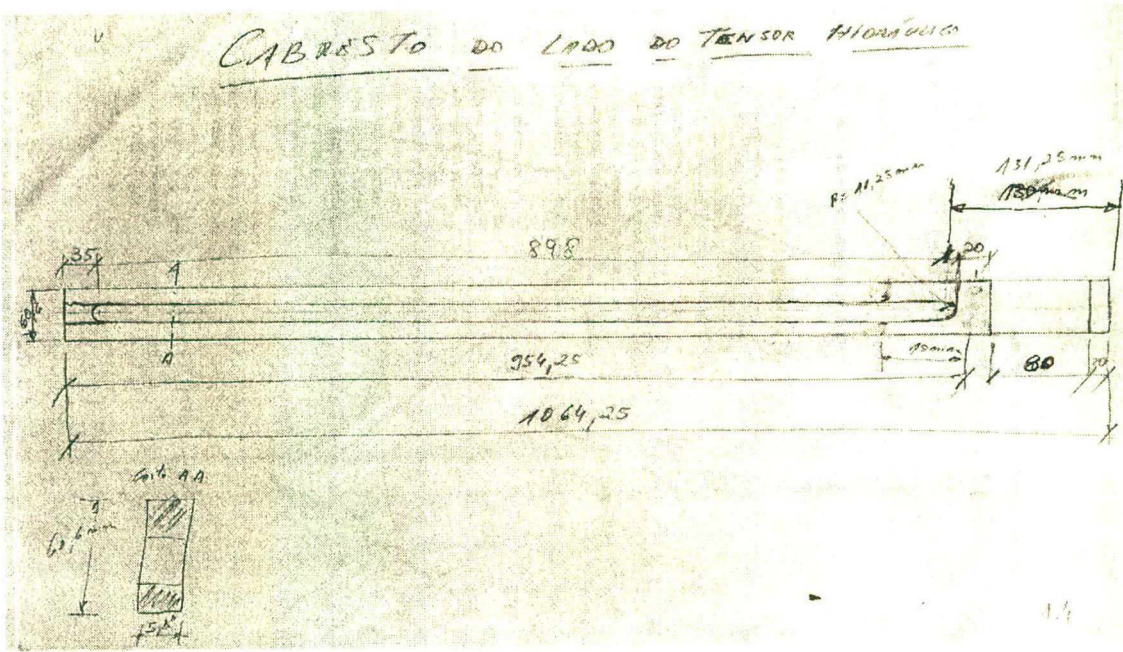


Figura 17: Cabresto duplo com cunha de TRF para tear nº 4.

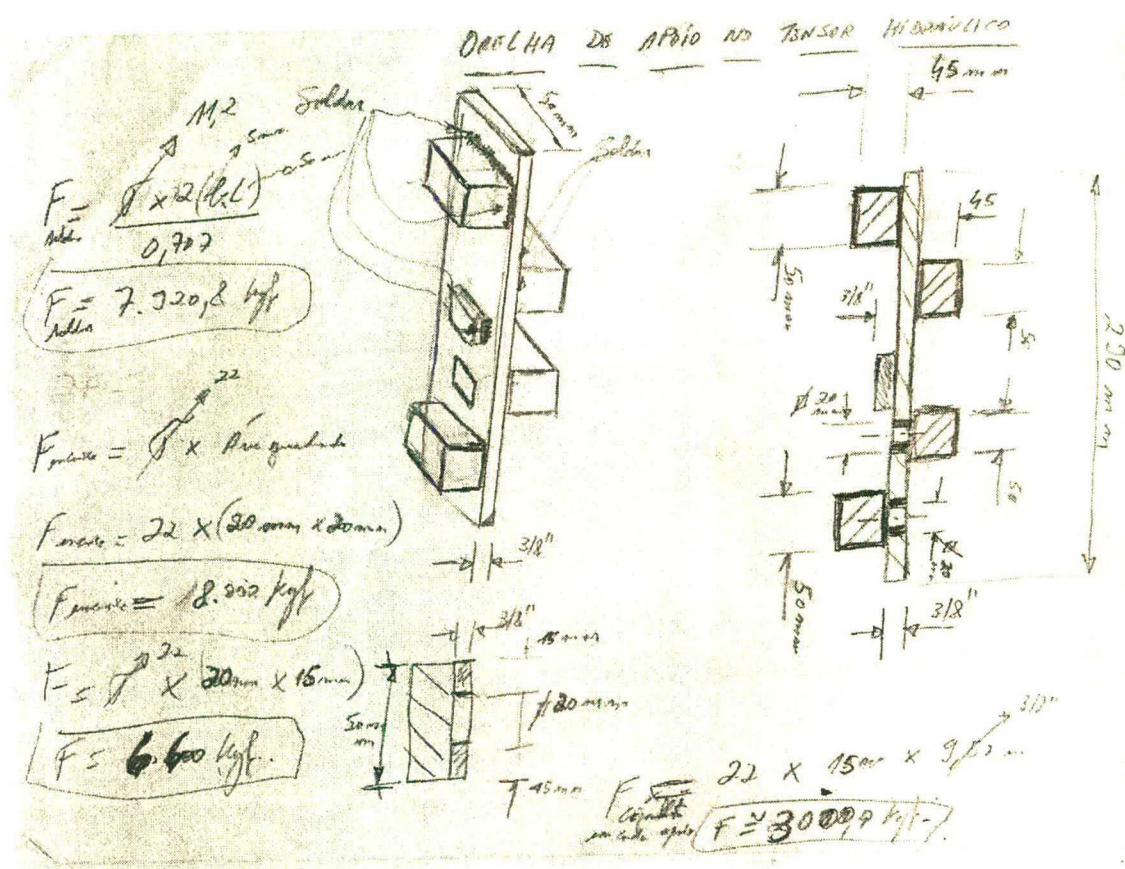


Figura 18: Orelha para utilização no cabresto do lado do tensor no tear nº 4.

Calcula-se que com todos os dispositivos prontos e em funcionamento a meta no tempo de *setup* das lâminas de corte seja obtida no tear nº 1, porém depende da instalação de um tensor hidráulico para o perfeito funcionamento dos dispositivos criados para a TRF e para a precisão na serragem das chapas.

Já no tear nº 4, de tensionamento hidráulico, o comprimento dos corpos dos cabrestos passou a ser maior e os esforços a serem suportados também tiveram de ser recalculados, pois a tensão em duas lâminas se aproxima de 12 toneladas de força, veja as Figuras 16, 17 e 18 dos protótipos projetados para este tear. O mesmo tempo de *setup* interno previsto para o tear nº 1 é previsto para o tear nº 4 quando em perfeito funcionamento.

Independente de se atingir a meta pré estabelecida de *setup* interno para os teares, que mostrou depender apenas de adaptações e testes posteriores, os ganhos de tempos obtidos com a separação das diversas atividades de *setup*

externo do interno, como a preparação da carga de blocos e ferramentas, conforme a técnica 1 de Shingo, já proporcionou uma redução nos tempos totais de troca de carga junto com o *setup* interno em 4 horas e 15 minutos. As restantes 7 horas e 45 minutos de tempo total de troca de carga e *setup* interno poderão ser reduzidas para 4 horas, pois o tempo atual de *setup* interno com os novos dispositivos de TRF proporcionará a queda de 4 horas (tempo atual médio de *setup* interno) para 15 minutos como previsto.

Estas 4 horas de tempo total de troca de carga e *setup* interno poderão ainda ser reduzidas significativamente com a melhoria tecnológica prevista para o carro autotransportador de blocos, cujo acionamento atualmente é feito por cabos, mas poderá ser adaptado para acionamento com engrenamento do motor junto às rodas. Estima-se que o tempo total chegue a 2 horas ou menos, incluindo aí o tempo de *setup* interno de 15 minutos.

4.7 Considerações Finais

Este capítulo de aplicação mostrou como foram realizadas as etapas de implementação da metodologia na empresa selecionada. O tempo de implantação na empresa foi maior do que o esperado devido a falta de disponibilidade de tempo para reuniões da equipe de trabalho. Também ocorreu uma certa demora na realização do projeto e na confecção dos protótipos devido à falta de tempo do consultor especialista. Paralelo a estes fatos, houve dificuldades do líder da equipe para mudar conceitos e paradigmas anteriores em relação ao funcionamento e utilização dos novos cabrestos no tear.

Os conhecimentos de cálculos de resistência dos materiais foram fundamentais para o dimensionamento dos dispositivos de TRF. Isto porque havia uma grande limitação de espaço de movimentação dentro do tear. Como as dimensões dos cabrestos foram reduzidas, os mesmos deveriam suportar os esforços de tensionamento necessários, porém correria o risco de se romperem se não tivessem sido minuciosamente calculados.

A metodologia proposta mostrou ser eficiente para a implantação da TRF em uma pequena empresa de serragem de blocos de mármore e granito reduzindo o tempo total de troca de carga e *setup* interno que era de 12 horas, em média, para o tempo previsto de 4 horas com um investimento em dispositivos de aproximadamente R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) para o tear nº 4 que já possui o tensor hidráulico, sendo que com a simples organização das funções o tempo baixou de 12 para 7 horas e 45 minutos.

Com maiores investimentos a empresa poderá reduzir os tempos de *setup* nos demais teares com a utilização de tensores hidráulicos, e reduzir o tempo de transporte de blocos e de chapas cortadas com o carro autotransportador adaptado para utilização na inserção e retirada das matérias-primas e dos produtos em todos os teares da empresa. Desta forma, concluído este capítulo de aplicação prática, no próximo capítulo serão apresentadas as conclusões gerais da dissertação e as recomendações para futuros trabalhos.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Com o propósito de aumentar a competitividade do segmento de serragem de blocos de mármore e granito, através da redução do *lead time*, buscou-se desenvolver uma metodologia de implantação da TRF direcionada ao segmento. A metodologia foi testada na prática em uma empresa deste segmento situada no município da Serra no estado do Espírito Santo.

A seguir serão apresentadas as conclusões que se chegaram ao final deste trabalho com relação aos objetivos específicos e também em relação ao objetivo geral de desenvolver uma metodologia para implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito.

Com relação ao primeiro objetivo específico, citado no capítulo 1, de definir as bases teóricas do conceito de TRF visando sua aplicação na metodologia proposta, pode-se afirmar que o mesmo foi atingido porque as várias fontes bibliográficas consultadas, relatadas e comentadas em resumo no capítulo 2 trouxeram informações úteis como referências de aplicações práticas das técnicas utilizadas e também de como os recursos humanos podem ser direcionados para a implantação da TRF.

Por sua vez, o segundo objetivo específico, que visava identificar e descrever os passos necessários para a montagem da metodologia proposta, foi possível de ser atingido com a elaboração da metodologia no capítulo 3, baseada nos conceitos de TRF preconizados por Shingo, bem como pelas experiências anteriores bem sucedidas de implantação da TRF citadas ao final do capítulo 2.

No terceiro objetivo específico, de aplicar a metodologia proposta em uma empresa da indústria de serragem de blocos de mármore e granito, verificou-se que o mesmo foi atingido através da aplicação prática descrita integralmente no capítulo

4.

Após confirmado o atendimento dos objetivos específicos citados no capítulo 1, pode-se concluir que o objetivo geral de desenvolver uma metodologia para implantação da TRF direcionada para as empresas da indústria de serragem de blocos de mármore e granito foi plenamente atingido.

Com a aplicação prática pôde-se concluir que a implantação da TRF é possível de ser feita em qualquer empresa deste segmento. É claro que dependendo do porte da empresa, a metodologia de implantação da TRF deverá ter etapas a mais ou a menos, pois estará sempre atrelada à estrutura organizacional vigente nas mesmas.

Contribuíram decisivamente para o alcance do terceiro objetivo específico a experiência dos consultores líder e especialista do setor na adaptação dos conceitos da TRF para o caso específico de uma pequena empresa de serragem de mármore e granito.

A aplicação prática desta metodologia permitiu reduzir o *lead time* de produção na empresa. A redução do *lead time* foi proporcionada pela implantação da TRF nos teares da empresa. Como relatado no capítulo 4, o *setup* anterior da empresa durava em média 12 horas e atualmente este tempo tende a ser reduzido para uma média de 4 horas. Com pequeno investimento para melhoria dos equipamentos de transporte este tempo de *setup* poderá ser reduzido para 2 horas ou menos, incluindo aí a troca de carga e a troca de ferramentas no tear. Esta redução poderá, no futuro, evitar a compra de mais um tear para a empresa, pois existe a possibilidade, quando a TRF estiver funcionando em todos os teares, de haver a redução mensal de 10% ou mais no *lead time* de cada tear.

Na soma dos quatro teares da empresa estudada, esta redução mensal proporcionará um aumento de 40% a 50% da capacidade de produção de um tear. Este aumento da capacidade de produção é eqüivalente à metade do tempo de operação de um tear, em condições normais de funcionamento, durante o período de um mês. Tem-se então um grande aumento de produtividade nos teares e na

serragem dos blocos de mármore e granito.

Conclui-se da aplicação da metodologia que o aumento da produtividade na serragem de blocos de mármore e de granito é possível devido a diversos fatores, conforme descrito abaixo:

- Redução no *lead time* de produção;
- redução no custo unitário da chapa serrada, visto que o número de funcionários e demais custos de operação permanecem os mesmos e a produção tende a aumentar;
- aumento da capacidade produtiva dos teares;
- aumento do faturamento mensal devido à venda de maior número de chapas serradas;
- redução de desperdícios com a melhoria de qualidade das chapas serradas.

Além destes fatores citados como influentes no aumento da produtividade, outros fatores foram importantes para o ambiente de trabalho dos funcionários da empresa como a limpeza das áreas de estocagem de matérias primas, a melhor organização dos carros porta blocos à espera da troca de carga, a maior segurança para os operadores dos teares e do pátio, e também um maior otimismo com a busca de treinamento e crescimento profissional.

Como era esperado, alguns contratempos e limitações focadas nas pessoas foram encontrados no decorrer deste trabalho, como por exemplo:

- Dificuldade de mudar os paradigmas quanto ao modo único de introdução dos cabrestos no tear, segundo opinião de várias pessoas atuantes no setor;

- a tendência de algumas pessoas de ao invés de colaborar com a resolução do problema, esperar primeiro que o mesmo seja resolvido. Como foi o caso de alguns componentes da equipe.
- a falta de priorização da implantação da TRF em relação às outras atividades de rotina da empresa, apesar da boa disposição dos proprietários em ceder algum tempo para discussão sobre o assunto da TRF.
- a falta de priorização da implantação da TRF em relação às outras atividades de rotina do consultor especialista do setor, apesar da sua boa vontade em executar e colaborar nas explicações do funcionamento das máquinas em todas as etapas do trabalho.

Apesar destas limitações encontradas não terem prejudicado o objetivo final de redução do tempo de *setup* nos teares, as mesmas causaram um aumento no tempo anteriormente previsto de cinco meses para a implantação da TRF na empresa.

5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

Com relação aos futuros trabalhos sobre o tema da TRF e a implantação nas empresas, as sugestões e recomendações que ficam são com relação a uma aplicação mais ampla da TRF, visto as limitações devido ao foco no presente trabalho.

O primeiro ponto onde se deve trabalhar com mais intensidade é com relação ao aspecto da conscientização de todos os membros da equipe. Como já é de costume em todos os setores empresariais, o empresário e os funcionários da empresa só acreditam num novo processo de produção se eles o verem funcionando em uma determinada empresa do setor específico em que estão inseridos. Uma experiência pioneira de implantação da TRF no setor de rochas ornamentais como esta, assim como em qualquer outro setor, precisaria ser exemplificada em aplicações diversas bem sucedidas através de vídeos de experiências e depoimentos de empresários

que conseguiram implantar a TRF nas suas empresas. Sugere-se então todo um trabalho de documentação visual que venha a registrar esta experiência bem sucedida.

O segundo ponto a ser considerado é com relação às vantagens econômicas de se implantar a TRF. Apesar das visíveis vantagens com relação aos tempos de *setup* obtidos, muitos empresários ainda ficam céticos em relação às vantagens econômicas da redução do *setup*. Para evitar este inconveniente, sugere-se desenvolver um trabalho de caráter financeiro com o cálculo de todos os custos envolvidos no processo produtivo e os ganhos obtidos com esta redução no *setup*.

O terceiro ponto de recomendações é com relação à ampliação da aplicação da TRF para toda a cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais. Estes conceitos da TRF com certeza terão aplicações em outros segmentos desta cadeia. Isto é, no processo de extração das rochas da pedreira, um processo anterior à serragem dos blocos, e também no processo de beneficiamento final destas rochas. Estudos similares nestes demais segmentos poderão ser desenvolvidos.

O quarto ponto a ser considerado é com relação à implantação em médias e grandes empresas do segmento de serragem de mármore e granito. Acredita-se que a metodologia é aplicável também a empresas de portes maiores, porém esta implantação deverá ser feita adaptando-se à realidade da estrutura organizacional vigente.

O quinto e último ponto a ser considerado é com relação à introdução de um programa de incentivo aos funcionários para introdução de modificações e idéias de aumento da produtividade com relação aos tempos de *setup* entre outras aplicações na empresa. Com incentivo às novas idéias o processo de implantação de melhorias na empresa tende a ser continuado e este ponto pode ser melhor estudado em um trabalho específico relacionando incentivos e motivação da mão de obra com as técnicas da TRF.

REFERÊNCIAS

AFFISCO, John F. ; PAKNEJAD, M. Javad ; NASRI, Farrokh. **Quality improvement and setup reduction in the joint economic lot size model**. European journal of operational research, nº xxx, p. 1-12, 2001.

ANTUNES JR., José Antônio Valle ; RODRIGUES, Luis Henrique. **A teoria das restrições como balizadora das ações visando a troca rápida de ferramentas**. Revista Produção da ABEPRO, Belo Horizonte, vol. 3, nº2, p. 73-85, novembro 1993.

AKINC, Umit. **Uma abordagem prática para a programação de setup e para o dimensionamento de lote em uma indústria têxtil**. Revista Gestão e Produção da UFSCar, São Carlos, vol. 2, nº1, p. 38-58, abril 1995.

BANERJEE, Avijit ; PYREDDY, Vijav R. ; KIM, Seung Lae. **Investment policy for multiple product setup reduction under budgetary and capacity constraints**. International journal of production economics, nº 45, p. 321-327, 1996.

CHANDRASHEKAR, Ashok ; CALLARMAN, Thomas E. **A modelling study of the effects of continuous incremental improvement in the case of a process shop**. European journal of operational research, nº 109, p. 111-121, 1998.

CHENG, T. C. Edwin ; JANIAK, Adam ; KOVALYOV, Mickhail Y. **Single machine batch scheduling with resource dependent setup and processing times**. European journal of operational research, nº 135, p. 177-183, 2001.

CONTADOR, José Celso. **Produtividade fabril III – método para rápido aumento da produtividade fabril: redução de tempos inativos e do tempo de espera do material em processo**. Revista Gestão e Produção da UFSCar, São Carlos, vol. 2, nº 2, p. 134-151, agosto 1995.

DA SILVA, José Oliveira. **A importância da troca rápida de ferramenta na organização (Multibrás)**. Artigo produzido na disciplina Sistemas de Produção ministrada pelo Dr. Dalvio Ferrari Tubino no PPGEF da UFSC. Florianópolis, 1998.

DIABY, Moustapha. **Optimal setup time reduction for a single product with dynamic demands**. European journal of operational research, nº 85, p.532-540, 1995.

DIABY, Moustapha. **Integrated batch size and setup reduction decisions in multi-product, dynamic manufacturing environments**. International production economics, nº 67, p. 219-233, 2000.

GOLDRATT, Eliyahu M. ; COX, Jeff. **A meta**. São Paulo: IMAM, 1990.

GOUBERGEN, Dirk Van ; LANDEGHEM, Hendrick Van. **Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design**. Robotics and computer integrated manufacturing, nº 0, p.1-10, 2002.

HARMON, Roy L. ; PETERSON, Leroy D. **Reinventando a fábrica**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HUTCHINS, David. **Just in time**. São Paulo: Atlas, 1993.

HONG, Jae-Dong ; KIM, Seung-Lae ; HAYYA, Jack C. **Dynamic setup reduction in production lot sizing with nonconstant deterministic demand**. European journal of operational research, nº 90, p. 182-196, 1996.

HONG, Jae-Dong. **Optimal production cycles, procurement schedules, and joint investment in an imperfect production system**. European journal of operational research, nº 100, p. 413-428, 1997.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JENSEN, John B. ; MALHOTRA, Manoj K. ; PHILIPOOM, Patrick R. **Machine dedication and process flexibility in a group technology environment.** Journal of operations management, nº14, p. 19-39, 1996.

KANNENBERG, Gustavo ; ANTUNES JR. José Antônio Valle. **Proposta de uma sistemática de implantação de troca rápida de ferramentas para indústrias de forma no Brasil.** Revista Produção da ABEPRO, Belo Horizonte, vol. 5, nº 1, p. 23-43, julho 1995.

KOMURA, Edson Hisao ; CUSTÓDIO, Flávio Augusto ; OSHIRO, Rubens Masayuki. **Redução de custos numa empresa da indústria de alimentos.** RECEP, São Paulo, casos 1999. Disponível em: http://recep.linkway.com.br/recep1999/caso_4.htm. Acesso em: 17 mar. 2001.

LUCAS FILHO, Fernando Cardoso. **Utilização de algoritmos e heurísticas para resolução de problemas de setup na programação da produção.** Artigo produzido na disciplina Sistemas de Produção ministrada pelo Dr. Dalvio Ferrari Tubino no PPGEF da UFSC. Florianópolis, 2001.

NYE, T. J. ; JEWKES, E. M. ; DILTS, D. M. **Optimal investment in setup reduction in manufacturing systems with WIP inventories.** European journal of operational research, nº 135, p. 128-141, 2001.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEDROSO, Adriano Sartori ; SOUZA, Rogério Leite ; FURLAN, Leandro Grupe. **A implantação de mini-fábricas.** RECEP, São Paulo, casos 1999. Disponível em http://recep.linkway.com.br/recep1999/caso_4.htm. Acesso em: 17 mar. 2001.

RACHAMADUGU, Ram ; SCHRIBER, Thomas J. **Optimal and heuristic policies for lot sizing with learning in setups.** Journal of operations management, nº 13, p. 229-245, 1995.

SCHONBERGER, Richard J. **Técnicas industriais japonesas**. São Paulo: Pioneira administração e negócios, 1993.

SCHONBERGER, Richard J. **Fabricação classe universal: aperfeiçoando processos produtivos para competir no século XXI**. São Paulo: Futura, 1997.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996 a.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Bookman, 1996 b.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de troca rápida de ferramenta**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, Nigel ; CHAMBERS, Stuart ; HARLAND, Christine ; HARRISON, Alan ; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SLOAN JR., Alfred P. **Meus anos com a General Motors**. São Paulo: Negócio Editora, 2001.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1995.

TUBINO, Dalvio F. **A produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

WOMACK, James P. ; JONES, Daniel T. ; ROSS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

GLOSSÁRIO

Algoritmo – processo de cálculo ou de resolução de um grupo de problemas semelhantes em que se estipulam, com generalidade e sem restrições, regras formais para obtenção do resultado ou solução de um problema.

Alta tecnologia – tecnologia de ponta de desenvolvimento de software, novos materiais etc.

Andon - dispositivos sinalizadores.

Autonomação - controle autônomo de defeitos.

Brainstorming - tempestade de idéias, atividade de grupo onde há livre exposição de idéias sobre um determinado assunto ou problema.

Científico – que tem o rigor da ciência.

Diagrama espinha-de-peixe – técnica utilizada para identificação de causas e efeitos de um determinado problema.

Dispositivos – mecanismos acessórios utilizados para inserção ou apoio de um material ou ferramenta.

Folha de trabalho padrão – instrução escrita colocada no posto de trabalho do operador em um processo produtivo industrial.

Gargalos - limitações do sistema produtivo.

Heurísticas – conjunto de regras e métodos que visam à descoberta, à invenção ou a resolução de problemas.

Kanban - sistema puxado de programação e acompanhamento da produção.

Layout - posicionamento de máquinas, equipamentos, móveis e demais objetos no chão de uma fábrica ou de um escritório.

Lead time - tempo de atravessamento em um processo produtivo.

Mix – elenco variado de produtos ou serviços.

Mnemônicamente – arte e técnica de desenvolver a memória.

Valor agregado – aumento de valor de um produto.

On-job - dentro da atividade de trabalho.

Pau-de-carga – equipamento que funciona como um guindaste para transporte de cargas.

Poka-yoke - dispositivos à prova de erros utilizado em máquinas.

Polivalência – capacidade que uma pessoa possui de atuar em diversas funções e operar várias máquinas em um determinado processo produtivo.

Retrabalho – ato de refazer um produto defeituoso.

Staff – pessoas destinadas a apoiar ou suprir o processo produtivo com materiais.

Paradigma – conceito ou técnica de fabricação padrão em que se acredita ser a melhor.

Setup - instalação de ferramentas e materiais em uma máquina.

Tigres asiáticos - países que se desenvolveram em recente e intenso processo de industrialização.

5W1H - método de planejamento onde se faz perguntas sobre um plano de ação.